ГЕОЛОГИЯ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

ПРОБЛЕМЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ АРИДНОЙ ЗОНЫ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
Национальный комитет геологов
Советского Союза

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОНГРЕСС
XXV сессия

Доклады советских геологов

ГЕОЛОГИЯ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

ПРОБЛЕМЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ АРИДНОЙ ЗОНЫ

1678

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
Москва 1976

УДК 551.79.+624.131.1.+551.49

ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR
MINISTRY OF GEOLOGY OF THE USSR
National Committee of Geologists of the Soviet Union

INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS

XXV session

Reports of Soviet Geologists

QUATERNARY GEOLOGY. ENGINEERING GEOLOGY. PROBLEMS OF ARID ZONE HYDROGEOLOGY

Редакционная коллегия:

"ГЕОЛОГИЯ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА"
К.В. Никифорова (ответственный редактор),
И.К. Иванова, И.И. Краснов, И.М. Хорева

"ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ"
член-корреспондент АН СССР Е.М. Сергеев
(ответственный редактор), Ф.В. Котлов, И.С. Комаров,
В.Д. Ломтадзе, В.С. Шибакова

"ПРОБЛЕМЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ АРИДНОЙ ЗОНЫ"
член-корреспондент АН СССР В.Н. Кунин
(ответственный редактор), В.В. Иванов, В.С. Ковалевский,
А.А. Коноплянцев, Е.Л. Минкин, Н.А. Огильви

Editorial board:

"QUATERNARY GEOLOGY"
K.V.Nikiforova (editor-in-chief), I.K.Ivanova,
I.I.Krasnov, I.M.Khoreva

"ENGINEERING GEOLOGY"
Corresponding member of the Academy of sciences of the USSR
E.M.Sergeev (editor-in-chief), F.V.Kotlov, I.S.Komarov,
V.D.Lomtadze, V.S.Shibakova

"PROMLEMS OF ARID ZONE HYDROGEOLOGY"
Corresponding member of the Academy of sciences of the USSR
V.N.Kunin (editor-in-chief), V.V.Ivanov, V.S.Kovalevsky,
A.A.Konoplyantsev, E.L.Minkin, V.A.Ogilvi

Г 20800-164
055(02)-1976 Б3-67-11-75

© Издательство "Наука", 1976 г.

ГЕОЛОГИЯ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий раздел посвящен изучению четвертичного периода, являющегося последним периодом в истории развития Земли, граничащим с современностью. В изучении этого периода в одинаковой степени заинтересованы геологи, геоморфологи, зоологи, палеонтологи, ботаники, археологи, антропологи, инженерные геологи и др. Очевидно большое народнохозяйственное значение изучения четвертичных отложений. Проблемы инженерной геологии, гидрогеологии, поисков драгоценных и редких металлов, планирования городов и сельского хозяйства, так же как и борьба с загрязнением окружающей среды, тесно связаны с проблемами изучения четвертичного периода. Нельзя не отметить и большое теоретическое значение изучения этого периода. Уже один тот факт, что в течение четвертичного периода протекал процесс становления человека и человеческого общества, заслуживает самого пристального внимания. В это время также произошло становление современного органического мира и формирование современного облика Земли.

Изучение четвертичного периода приобрело в настоящее время все черты самостоятельной науки, имеющей свои цели и задачи, непременным условием развития которой является комплексность. В последние годы наши знания о четвертичном периоде сильно расширились в первую очередь в результате изучения океанов и континентов и применения с этой целью ряда новых методов. Наряду с дальнейшим развитием биостратиграфических, климатостратиграфических, геоморфологических и ряда других традиционных методов большую роль приобрели физические методы исследования: измерения радиологического возраста пород и палеомагнитный анализ. Это позволило во много раз увеличить детальность изучения четвертичного периода и четвертичных отложений и перейти к их глобальной корреляции. Тематика статей, включенных в данный раздел, отражает основные проблемы, стоящие перед исследователями четвертичного периода. В частности, рассмотрены проблемы, связанные с биостратиграфией и климатостратиграфией четвертичной системы и позднего неогена, приведены данные палеомагнитного анализа, результаты исследований полярных стран, сведения об эвстатических изменениях уровня моря, генетических типах кор выветривания, о влиянии климата на человека и др. Авторами освоен новый фактический материал, выводы из которого представляют интерес для широкого круга специалистов, изучающих четвертичный период.

Ш. А. АЗИЗБЕКОВ, Н. В. ПАШАЛЫ

ВУЛКАНИЗМ И ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ ПОЗДНЕАЛЬПИЙСКОГО ЭТАПА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КАВКАЗА, БЛИЖНЕГО И СРЕДНЕГО ВОСТОКА

(неоген-антропоген)

Кавказ в системе альпийской складчатой зоны юга СССР и прилегающие к нему территории Ирана и Турции знаменательны интенсивной деятельностью орогенного вулканизма в неоген-антропогеновое время. Начальные его фазы проявились локально в раннем миоцене, и более мощные извержения были в мио-плиоцене и антропогене с подразделением на три стадии: мио-плиоценовую, позднеплиоцен-плейстоценовую и плейстоцен-голоценовую. Вулканизм контролировался зонами глубинных разломов, как продольных, так и в меньшей степени поперечных. Проявление его носило в основном характер центрально-трещинного и центрального типов. Он сопровождался многоактными эксплозиями, сменяющимися лавовыми излияниями от андезитов к андезито-базальтам, базальтам и их щелочным разностям. В отдельных районах отмечаются также кислые и средне-кислые вулканиты-липариты, липаритодациты, дациты, трахиандезиты, трахиты (таблица).

Продукты деятельности этого орогенного вулканизма – один из источников питания седиментационных бассейнов. Если лавовые вулканиты имеют относительно малое площадное распространение и локализуются вблизи зоны действия эруптивных аппаратов, то эксплозивные продукты распространялись на большие расстояния и отлагались в различных фациальных условиях. Это позволяет использовать эксплозивную пирокластику для целей корреляции фаунистически не охарактеризованных толщ и сопоставления отложений различного фациального профиля.

Эволюция вулканизма (эксплозии и лавы) во времени менялась и чаще от более кислого к более основному, что отчетливо фиксируется в характере изменения состава вулканических продуктов в рассматриваемой области от миоцена к антропогену.

Продукты деятельности сарматского вулканизма фиксируются в виде пирокластов в отложениях Среднекуринского синклинория, где они отлагались в прибрежных условиях. Это псаммитовые туфы, среднекислого состава (SiO_2 – 60%), в которых преобладающий цветной компонент – биотит.

Продукты вулканизма Малого Кавказа, Ирана и Турции в неоген-антропогене и их роль в осадконакоплении

Возраст				Малый Кавказ					Иран			Турция			
				Вулканические центры	Лавы	Пирокластические породы		Фации	Лавы	Пирокластические породы	Фации	Вулканические центры	Лавы	Пирокластические породы	Фации
Миоцен	Сармат			Ганлыгель, Агвабан, Такаялик	Андезиты биотито-роговообманковые, роговообманковые	Биотитовые псаммитовые туфы среднего состава		прибрежные							
	Мэотис			Сальварды Гонур-Гермез, Батабит, Гиджадур	Андезиты пироксеновые, андезито-базальты до-оливиновых базальтов и долеритов	Биотитовые и роговообманковые пелитовые и алевритовые туфы, преимущественно кислые		мелководные							
Плиоцен	Нижний			Ишиклы Кызыл-богаз Цхук	Андезиты биотито-роговообманковые, роговообманковые, пироксеновые, пироксеновые, андезито-базальты, базальты	алевритовые и алевритово-пелитовые туфы, пелитовые туфы	биотитовые, редко амфиболовые и пироксеновые	мелководные относительно глубоководные							
	Средний					Амфиболовые, реже пироксеновые туфы и туффиты основного состава		мелководные							
	Верхний	ахчагыл				Биотитовые, редко амфиболовые и пироксеновые туфы и туффиты, средние, реже кислые грубообломочные разности		Морские от прибрежных до относительно глубоководных; озерные (акеринская св.), лахар (герюсинская св.), запрудных озер (сисианская св.)							
		апшерон				Биотитовые, амфиболовые и пироксеновые пелитовые туфы и туффиты от хорошо до плохо отсортированных и неотсортированных									
Плейстоцен Голоцен				Кельбаджарская мульда Сисианская, Севанская и Цалка-Ахалцихская грабенообразные депрессии	Андезиты, андезито-базальты, базальты и их оливиновые разности	Вулканические бомбы, шлаки, лапилли, псаммитовые туфы Туфы и туффиты роговообманковые, роговообманково-пироксеновые, пироксеновые		Лав и туфов околовулканического пояса Морские прибрежные до относительно глубоководных, озерные	Андезиты, андезито-дациты, трахиандезиты, трахиты, оливиновые базальты	Вулканокласты	Лав и туфов околовулканического пояса	Между зонами Анатолий и Тавриды, в центральной Анатолии, к юго-западу от Диарбакира	Андезито-базальты, базальты и их оливиновые разности, андезито-дациты, липариты, трахиты, фонолиты	Андезитовые туффиты, туфы, игнимбриты, туфобрекчии	Лав и туфов околовулканического пояса
				Саханд, Демавенд, Савалан, окрестности Биджара, Базаман, Тавтан к юго-востоку от г.Язу								Центральная (Сиваш), северная (зона Гундак), восточная (Эрзерум), юго-восточная (Диарбакир) Турция	Роговообманковые андезиты, трахиты, липариты	Вулканокласты	Морские, континентальные
										Вулканические пеплы	Морские				

Интенсивное проявление эксплозивной деятельности вулканов было в мэотическое время, когда в седиментационном бассейне в пределах юго-восточного погружения Большого Кавказа (Центрально-Апшеронский антиклинальный пояс, Шемахино-Кобыстанский синклинорий) поступала пирокластика, формируя в мелководных условиях биотитовые и роговообманковые, пелитовые и алевролитовые туфы преимущественно кислого состава (SiO_2 - 66,1-71,3%).

В седиментационном бассейне понтического времени пирокластика отлагалась в тех же тектонических зонах, что и туфы мэотического возраста. В мелководных условиях накапливались алевролитовые и алевролито-пелитовые туфы, а в относительно глубоководных - их пелитовые разности. Как те, так и другие главным образом биотитовые и редко амфиболовые и пироксеновые. В Иране в плиоценовом бассейне, распространяющемся и на Прикаспийскую низменность, продукты деятельности вулканов фиксируются в виде прослоев бентонитов и вулканических пеплов.

В среднеплиоценовом седиментационном бассейне в пределах юго-восточного погружения Большого Кавказа пирокластика формировала амфиболовые, реже пироксеновые туфы и туффиты главным образом основного состава. По мощности туфов, достигающих 4 м, можно говорить о продолжительности и силе эксплозивной деятельности вулканов в среднем плиоцене. Судя по распространению пирокластического материала, его роль еще больше усиливается в верхнем плиоцене в бассейне акчагыльского времени. В последнем пирокластические породы отлагались в различных фациальных условиях - от прибрежных до относительно глубоководных - как в пределах юго-восточного погружения мегаантиклинория Большого Кавказа (Азизбеков, 1947; Пашалы, Сулейманов, Сандлер, 1970), так и в передовом прогибе последнего, а также в Куринском мегасинклинории и в Малокавказском передовом прогибе.

Это биотитовые, редко амфиболовые и пироксеновые алевритовые туфы и туффиты главным образом среднего, реже кислого состава. Пирокластические породы этого возраста имеют широкое развитие в юго-восточной части мегаантиклинория Малого Кавказа. Интенсивное проявление вулканизма в пределах последнего было вызвано общим его (в том числе Зангезура и Даралагеза) сводовоглыбовым воздыманием, обусловившим появление новых глубинных разломов (Ишихлы-Акеринский, Анкаван-Сюкинский). Сильная эксплозивная деятельность малокавказских вулканов обусловила формирование пирокласто-осадочных толщ, таких, как акеринская свита, отложившаяся в озерных условиях, герюсинская, являющаяся фацией лахар и сисианская пеплово-диатомовая толща, накопившаяся в фации запрудных озер.

В образовании этих толщ основную роль сыграла эксплозивная деятельность вулкана Ишихлы. С экплозивной деятельностью этого вулкана связаны и вулканические конгломератобрекчии, которые прослеживаются в Сисианском прогибе. В сложении этих серий кроме грубообломочных пирокластических пород (туфобрекчии, ту-

фоконгломераты, туфогравий) принимают участие псаммитовые и алевритовые туфы и туффиты. Из последних отмечены как орто-, так и паратуффиты. Количество паратуффитов увеличивается в акеринской свите в прогибах Араксинской зоны.

Многоактная деятельность вулканов продолжалась в позднем плиоцене, когда в бассейны осадконакопления апшеронского времени в пределах Азербайджана поступало значительное количество пирокластики, отложившейся в прибрежных и мелководных условиях в виде прослоев мощностью от 2 до 5 м. Это биотитовые, амфиболовые и пироксеновые, пелитовые туфы и туффиты от хорошо до слабо отсортированных и неотсортированных разностей.

Четвертичный вулканизм, проявившийся после вулканической активности плиоцена и кратковременного затишья, приурочен к сейсмически активным зонам альпийского фундамента, занимающим в неотектоническом этапе приподнятое положение, обусловленное дифференцированными сводово-глыбовыми движениями, на фоне которого получили развитие наложенные прогибы. Зоной активного вулканизма в Азербайджане являлась Кельбаджарская мульда, которая в сопредельных районах Армении и Грузии переходит в Сисианскую, Севанскую и Цалка-Ахалцихскую грабенообразные депрессии. Здесь выделяются четыре стадии (ранне-, средне- и позднеплейстоценовые и голоценовая) вулканической активности. В каждой стадии эксплозивная деятельность сопровождается лавовыми излияниями, представленными породами от андезитов к андезито-базальтам, базальтам и оливиновым их разностям (Азизбеков, 1970; Азизбеков, Багирова, 1972). Продукты эксплозии сложены вулканическими бомбами, шлаками, лапиллями, вулканическими псаммитовыми туфами и агглютинатами, отложившимися в относительной близости от эруптивных центров и слагающими фацию лав и туфов околовулканического пояса.

Продукты деятельности этих вулканов принимали участие в бассейнах осадконакопления четвертичного времени, начиная от нижнего плейстоцена до голоцена включительно. Они отмечаются в прибрежных, мелководных и относительно глубоководных отложениях, главным образом в Куринском мегасинклинории и прилегающей акватории Каспия, а также на юго-восточном погружении мегаантиклинория Большого Кавказа (Центрально-Апшеронский синклинальный пояс, юго-восточная часть Шемахино-Кобыстанского синклинория). Представлены пирокластические породы туфами и туффитами, которые с запада на восток от прибрежных фаций переходят к относительно глубоководным, и их псаммитовые разности замещаются пелитовыми. В этом же направлении увеличивается количество туффитов.

В отличие от более древних в четвертичных пирокластах отсутствуют биотитовые разности, которые полностью уступают место роговообманковым, роговообманково-пироксеновым и пироксеновым (авгитовым, энстатитовым туфам и туффитам).

Наряду с морскими фациями туфы и туффиты четвертичного возраста отмечены в озерных (Среднекуринский синклинорий Кировабад -

Казахская наклонная равнина) и аллювиально-пролювиальных фациях (Аджинаурская складчатая зона). С запада на восток состав их меняется от псаммитовых к пелитовым разностям.

Интенсивный четвертичный вулканизм имеет место и в Иране, где выделяются четыре главные области этого вулканизма: 1 – северо-западный Иран с двумя крупными вулканами Саханд к югу от Тавриза и Савалан; 2 – Эльбрусская зона – вулкан Демавенд; 3 – группа мелких конусов в западном Иране, в окрестностях Биджара; 4 – северо-западный Иран (Белуджистан) в области между Лутским блоком и Джаз-Мурианской депрессией (вулканы Базман и Тафтан). Небольшие центры известны в центральном Иране к юго-востоку от г. Язд. Эти вулканы изливали лавы андезитового или андезито-дацитового состава и давали большое количество вулканокластов.

В Турции позднеплиоцен-четвертичный вулканизм широко проявился в южной части Каисерского региона, где наряду с лавовыми потоками андезито-базальтов и базальтов имеет место чередование андезитовых туффитов, туфов, ингимбритов и туфобрекчий. Вулканизм этого времени в западной части Турции представлен андезитовыми лавами и их вулканокластами. В Восточной части Турции (районы Эрзерума – Караса и оз. Ван) позднеплиоцен-антропогеновый вулканизм представлен андезитами, менее часто – базальтами, редко – трахитами и фонолитами.

Тефрогенный материал, отложившийся в разных фациальных условиях, претерпевал различные постседиментационные (диагенез, катагенез) изменения, и в случае глубокой переработки образовались бентониты и цеолиты. Наиболее благоприятными фациями для интенсивных вторичных изменений пирокластических пород являлись фации лав и туфов околовулканического пояса и относительно – глубоководные морские фации. В запрудных озерах большое содержание SiO_2 способствовало развитию большого количества диатомей, которые, смешиваясь с пирокластическим материалом, приводили к образованию туфодиатомитов (сисианская свита Малого Кавказа).

ABSTRACT

The Caucasus within the Alpine folded bolt of the South of USSR and adjacent territories of Turkey and Iran are characterized by intense orogenic volcanism activity during the Neogene–Anthropogenic time. Initial phases of that volcanism within the Caicasus were manifestated locally at the end of Sarmatian, and more intense eruption – during the Pliocene and Athropogen. The young volcanism manifestation in Iran is known only in Pliocenic and Quaternary deposits of the Near-Caspian lowland. The Neogene–Quaternary volcanism in Turkey is subdivided into the mid-Pliocenic, late-Pliocenic and anthropogenic ones. The first of them was manifested for the most part; in central, northern, eastern and south-eastern parts of the

Turkey, and the late–pliocene–anthropogenic one – in the southern part.

Most volcanoes of the region are confined to the early longitudinal tectonic zones, but some young volcanoes are connected with transverse faults. The volcanism manifestation is, mainly, of central and central–fissure types.

Volcanoes activity as in miocene as during Pliocene–anthropogenic time was attended by polyactive explosive outbursts, which were replaced by the lava flows from the andesites to andesite–basalts, basalts and their basic varieties. Among the Quaternary lavas of Iran, on a level with the mentioned on, the andesitodacitic, trachyandesitic and trachitic varieties are presented too.

The liparitic and phonolitic lavas are known in Turkey. Products of that orogenic volcanism activity are one of the alimentation sources of sedimentational basins.

It lavas have, usually, concerning small areal extent and located near the active zone of eruptive apparatus, then explosive material had been spreaded on a great distance and deposited in the different facial conditions.

Facially pyroclastic rocks most montley are presented within the South of USSR (Azerbaijan), where they are deposited in marine (from near–shore to the deep–sea), lacustrine, proluvial–alluvial conditions, and in lakhar, lavas and tuffs facies of the near–volcanic belt. Tephrogenic material deposited in different facial conditions suffers various postsedimentational alterations. The lava and tuffs facies of the near–volcanic belt and concerning abyssal marine ones are the most favourable facies for intense secondary alterations of the pyroclastic rocks down to the useful minerals possible formation (bentonites zeolites).

The Great content of SiO_2 in dammed lakes assists in development of a great amount of diatomaceans, which dilutes the pyroclastics up to the tuffodiatomites (Sissian suite of the Minor Caucasus formation).

ЛИТЕРАТУРА

Азизбеков Ш.А. Вулканические пеплы Азербайджана. – Труды Ин–та геологии АН АзербССР, т. XIII, 1947.

Азизбеков Ш.А., Багирова Р.С. Орогенный вулканизм юго–восточной части Малого Кавказа. – Изв. АН АзербССР, сер. наук о Земле, 1972, № 2.

Азизбеков Ш.А., Дзоценидзе Г.С. Магнетизм Кавказа, Ирана и Турции. – Изв. АН СССР, сер. геол., 1970, № 2.

Пашалы Н.В., Сулейманов Д.М., Сандлер Г.Д. Пирокластические породы морской и континентальной фации антропогена Азербайджана. – В кн. "Классификация и номенклатура вулканогенно–осадочных пород". Тбилиси, "Мецниереба", 1970.

С. А. АРХИПОВ, М. Р. ВОТАХ, А. В. ГОЛЬБЕРТ, В. И. ГУДИНА

ПЛЕЙСТОЦЕН СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: ОЛЕДЕНЕНИЯ, МОРСКИЕ ТРАНСГРЕССИИ И КОЛЕБАНИЯ КЛИМАТА

Ключевая проблема стратиграфии северного плейстоцена как Западной Сибири, так и всего севера СССР – разграничение морских и континентальных отложений. Эта проблема связана прежде всего с установлением генезиса валуносодержащих пород, некоторые разности которых в зоне морских трансгрессий содержат автохтонные остатки морских организмов. Авторы считают, что среди моренноподобных пород сибирского севера следует различать континентально-ледниковые (морены), ледниково-морские и ледово-морские образования.

Морены образуют слабо или четко обособленные от подстилающих и покрывающих отложений геологические тела с неровными контактами мощностью от 1–2 до первых десятков метров, прослеживаемые на севере Сибири иногда на десятки километров. Они сложены сероцветными неслоистыми, реже со своеобразной чешуйчатой текстурой супесями, суглинками и глинами с беспорядочно рассеянными в них многочисленными или редкими мегакластами (гравий, галька, валуны и глыбы как экзотических кристаллических, так и местных рыхлых осадочных образований, иногда это разноориентированные обрывки пластов грубо- и тонкослоистых пород и, наконец, включения моренного материала более ранних генераций). Реже это – скопления валунно-галечного материала и глыб с песчано-глинистым заполнителем.

Для морен характерны также отторженцы дочетвертичных пород, которые могут быть либо отчетливо обособлены от вмещающего материала, либо в разной степени раздроблены и перемешаны с ним. В последнем случае они выделяются по концентрации чуждого материала. Для морены как геологического тела типичны непостоянство литологического состава, оскольчато-комковатая отдельность и наличие многочисленных мелких (вплоть до микроскопических) и крупных деформаций (изгибы, разрывы сплошности слоев, сдвиги, перемятость и т.д.). Морены обычно ассоциируют с ленточными, тонко- и грубослоистыми, а также неслоистыми водно-осадочными глинами, косослоистыми песками и галечниками флювиогляциального генезиса. В совокупности они образуют континентально-ледниковый комплекс, который залегает, как правило, с динамическими контактами на подстилающих породах.

Петрографические исследования подтверждают плохую сортированность морены по всем классам терригенного материала, а также различную, часто чрезвычайно низкую окатанность гравийно-песчаных зерен. Среди последних постоянно присутствуют обломки кристаллических (кварциты, кремнистые и слюдистые сланцы, гней-

сы, перидотиты, габбро и т.д.) и осадочных (мезозойские и палеогеновые песчаники, алевролиты, глины, а также четвертичные ленточные глины) пород.

Для северо-западных районов Западно-Сибирской равнины региональный диагностический признак морен – наличие во всех их горизонтах примеси как в виде дисперсного материала, так и многочисленных обломков пород морского палеогена: глауконитсодержащих опок, опоковидных глин, диатомитов. Достаточно видно, что в условиях морской (водной) седиментации обломки названных пород были бы полностью дезинтегрированы либо сосредоточились только в базальных слоях, закономерно убывая в верх по разрезу.

Важнейший критерий диагностики морен – отсутствие в них автохтонных захоронений морских организмов. В них содержатся только переотложенные, спорадически рассеянные обломки створок моллюсков, раковины фораминифер и остракод обычно плохой сохранности, а также редкий растительный детрит. Как правило, все эти органические остатки образуют экологически (а часто и в возрастном отношении) несовместимые ассоциации.

Ледниково-морские и ледово-морские отложения визуально, особенно в керне скважин, нередко трудно определить. В них могут в большей или меньшей степени реализоваться те же признаки, что и в континентально-ледниковых образованиях. Однако ледниково-морские и ледово-морские отложения всегда находятся в парагенезе с морскими осадками и почти не содержат отторженцев и включений (ксенолитов) рыхлых пород. В Нижнем Приобье они всегда отличаются от морен еще и тем, что в них нет обломков пород морского палеогена. Принципиальное отличие рассматриваемой группы отложений – присутствие в них хотя бы редких автохтонных захоронений морских организмов. Особенно обычны находки раковин фораминифер, образующих своеобразные естественные палеоценозы – комплексы.

В плейстоцене севера СССР установлено три основных палеогеографических типа комплексов фораминифер: позднеледниковый, интерстадиальный и межледниковый.

К позднеледниковым комплексам относятся разновозрастные тильтимский (=болгохтохский), харсоимский и дюрюсский – в Сибири; нижнекаменский – на Печоре и пинакульский (=каргинский) – на Чукотке и Камчатке. Это обедненные ассоциации преимущественно арктических и бореально-арктических форм, обитающих в условиях отрицательных донных температур и нередко опреснения бассейнов. Ассоциации характеризуют слои, непосредственно перекрывающие ледниковые толщи, и, очевидно, наиболее типичны для гляциально-морских отложений.

Интерстадиальные комплексы представляют собой также обедненные сообщества арктических и бореально-арктических видов, живших в бассейнах с соленостью, близкой к нормальной, и донными температурами около 0°. Характерно, что все эти комплексы

содержат большое число карликовых и ювениальных форм и известны из салемальских (=санчуговских) отложений в Сибири, падимейских – на Печоре и крестовских (=оссорских) – на Чукотке и Камчатке. Видимо, они характеризуют не только морские, но и гляциально-морские и ледово-морские образования.

Межледниковые комплексы: туруханский (=обский), казанцевский и шучьинский – на севере Сибири; колвинский и кейнмусюрский – на Печоре; понойский и стрельнинский – на Кольском полуострове; телзинский – на Онеге; валькатленский (=аттарманский) – на Чукотке и Камчатке. Они выделяются как богатые в качественном и количественном отношениях сообщества в основном стеногалинных бореальных и аркто-бореальных видов (на Европейском Севере с примесью лузитанских форм). Ассоциации обитали на глубинах до 100–150 м в бассейнах с нормальной океанической соленостью и придонными температурами до 6°С. Они характеризуют в первую очередь морские и изредка ледово-морские отложения.

В результате монографического изучения фораминифер из многочисленных местонахождений севера СССР установлены направленные и необратимые изменения в систематическом составе фораминифер в стратиграфической последовательности. На определенных геохронологических уровнях появляются новые для разреза виды и роды. Особенно отчетливо прослеживается в доминирующей группе – в семействе эльфидиид: гюнц-миндель – *Elphidiella oregonense* (Западная Европа, Аляска, Калифорния, Япония); с миндель – рисса поныне – *Elphidium subclavatum, E. obesum, Elphidiella tumida*, с рисса поныне – *Elphidium atlanticum*; с рисс – вюрма – вюрма – *Elphidium boreale, E. propinquum*. Сочетание необратимых изменений в систематическом составе фораминифер по разрезу с закономерными изменениями в палеозоогеографической структуре комплексов придает каждому из них свои индивидуальные и неповторимые черты, что позволяет обоснованно проводить стратиграфическое расчленение и корреляции.

В сводном разрезе плейстоцена севера Сибири регионально распространены семь морских и несколько чередующихся с ними континентальных (в том числе ледниковых) горизонтов (таблица). Ледниково-морские и ледово-морские отложения входят в состав морских горизонтов, локализуясь в них, вероятно, преимущественно в позднеледниковых и межстадиальных слоях.

Древнейшие ледниковые образования Сибири по геологическим, палеонтологическим и палеомагнитным данным сопоставляются с минделем альпийской шкалы. Перекрывающие ледниково-морские и ледово-морские тильтимские (=болгохтохские) слои относятся, очевидно, ко второй половине минделя (возможно, даже к интерминделю) и началу миндель – рисса. В новом свете представляются сейчас стратиграфическое положение и условия образования салемальских (=санчуговских) слоев. В последнее время были обнаружены следы перерывов и ледниковые образования не только в их основании, но и в кровле по контакту с перекрывающими казанцевс-

Принципиальная стратиграфическая схема плейстоцена севера Сибири (составили С.А. Архипов, А.В. Гольберт, В.И. Гудина)

Система	Ярус	Горизонт	Альпийская шкала	Сибирский север Геологическая последовательность слоев	Комплекс фораминифер
Четвертичная	Голоценовый			Аллювий пойменных террас	
				Аллювий первой надпойменной террасы	
	Верхнечетвертичный	Верхнезырянский	Поздний вюрм	Аллювий второй надпойменной террасы	Дюрюсский арктический позднеледниковый
				Дюрюсские морские, ледниково- и ледово-морские отложения, аллювий третьей надпойменной террасы	
				Караульские (гыданские) ледниковые	
		Среднезырянский	Средний вюрм	Аллювиальные (каргинские)	
				Ледниковые и подпрудно-озерные	
				Шучьинские морские	Шучьинский бореальный межледниковый
		Нижнезырянский	Ранний вюрм	Харсоимские ледово-морские, солоноватоводные	Харсоимский арктический межледниковый
				Ледниковые (ермаковские)	
	Среднечетвертичный	Казанцевский	Рисс-вюрм	Казанцевские морские	Казанцевский арктико-бореальный межледниковый
		Тазовский	Поздний рисс	Тазовские ледниковые и ледниково-морские	
		Салемальский	Интеррисс	Салемальские (санчуговские) морские, ледниково- и ледово-морские	Салемальский бореально-арктический интерстадиальный
		Самаровский	Ранний рисс	Самаровские ледниковые	
		Обский	Миндель – рисс	Обские (=туруханские) морские	Обский арктико-бореальный межледниковый

кими отложениями. Это позволяет поместить их между самарской и тазовской стадиями максимального (рисского) оледенения. Новый харсоимский комплекс фораминифер получен из толщи тонкослоистых глин, выделен В.К. Хлебниковым в 1957 г. на м. Салемал в салемальскую свиту. Толща, как сейчас установлено, залегает между двумя моренами, нижняя из которых располагается стратиграфически выше казанцевского горизонта. Согласно первым радиоуглеродным определениям возраст ее, возможно, окажется в интервале около 38–40 тыс. лет. Это свидетельствует о том, что вновь выделяемые слои принадлежат среднезырянскому (средневюрмскому) времени, а подстилающая их морена – к раннезырянской стадии оледенения. С позднезырянским (поздневюрмским) временем, очевидно, связаны конечно-ледниковые образования, слагающие Салехардские Улавы и террасы Оби.

Палинологические исследования разреза плейстоцена выявляют неоднократную смену типов растительности на севере Сибири. Определяющие критерии для реконструкции климата – степень облесенности (при разном составе древостоя) и заболоченности. Максимум облесенности указывает на потепление климата (межледниковье), а минимум – на похолодание и ледниковые условия.

Самое древнее похолодание, устанавливаемое по ландшафтам типа арктической пустыни, фиксируется в основании плейстоценовой толщи, в ледниковых образованиях раннеплейстоценового (миндельского) горизонта. Достаточно суровым было еще и время формирования тильтимских (=болгохтохских) слоев. Первым четко устанавливаемым межледниковьем явилось время формирования обского (миндель–рисс) горизонта, в климатический оптимум которого лесная зона продвинулась севернее современной границы на 3–4°. В заполярных районах в это время были развиты редколесья типа современной лесотундры, а южнее – северо- и среднетаежные леса.

Время максимального, самаровского (рисского) оледенения охарактеризовалось резким похолоданием и сдвигом к югу физико-географических зон на несколько градусов. Перигляциальные тундровые ландшафты смещались к югу, по крайней мере, дважды – в самарскую и тазовскую стадии. По палинологическим и минералогическим данным отмечаются неоднократные, возможно, интерстадиальные потепления климата в интерриссе (салемальский горизонт), предполагаются неоднократные смещения к северу границы леса, смена безлесных пространств лесотундрами и редколесьями.

Казанцевское (рисс – вюрмское) межледниковье было одним из самых теплых, в оптимум которого темнохвойная тайга продвигалась севернее полярного круга. Зырянское (вюрмское) ледниковье охарактеризовалось сильным похолоданием и широким распространением в Арктике и Субарктике (особенно в позднезырянский интерстадиал) перигляциальных арктических тундр. Отмечаются и внутризырянские интерстадиальные потепления, не заходившие,

однако, далее современных тундровых и лесотундровых ландшафтов. Оптимальные климатические условия следует, очевидно, связывать с каргинским (в узком смысле) временем.

Геологическая летопись северного плейстоцена Сибири состоит из чередования оледенений и дегляциаций, морских трансгрессий и регрессий. Неоднократные изменения климата имели периодический, колебательный и, несомненно, общепланетарный характер.

ABSTRACT

In the North of Siberia in the Pleistocene section there are observed tills, glacial–marine, ice–cold and warm interglacial seas deposits. Tills characterized with unstability of lithological composition, unsorting and non–roundness of terrigenous material, fragmental–cloddy cleavage and with numerous deformations. Together with varved clays, sands and coarse gravel they form continental–glacial complex. Glacial–marine and ice–marine deposits are lithologicaly similar with tills, but they are always in assotiation with marine rocks and contain autochthonous assemblages of marine organisms.

In Pleistocene of the Soviet North the authors distinguish three paleogeographic kinds of foraminiferal complexes: lateglacial, interstadial and interglacial. Late–glacial assemblages are poor and consist of arctic and boreal–arctic forms and they are most typical of glacial–marine deposits. Interstadial assemblages are scanty and made up of arctic, boreal–arctic and arctic–boreal species with a lot of dwarf and juvenile forms. They typical of marine, glacial and ice–marine deposits. Interglacial assemblages are rich and mainly consist of boreal and arcticboreal species. They are characteristic for marine and sometimes for ice–marine deposits. Besides the following changes in the complexes composition are established. Elphidium oregonense is known only for Günz–Mindel (West Europe, Alaska, Japan); Elphidium subclavatum, E. obesum, Elphidiella tumida are observed from Mindel–Riss up to now; Elphidium boreale, E. propinquum – from Riss–Würmian.

The traces of the most ancient glaciation in the North of Siberia are Early Pleistocene (Mindel). Two stages (Samarovo and Taz) of Middle – Pleistocene (Riss) and the stages of the Late–Pleistocene (Zyrianka, Würm) glaciations are well distinguished. Ice sheet and sea regression were developing simultanuosly. Sea level increasing started in Late glaciation and reached its maximum in interglaciation (Mindel–Riss, Interriss, Riss–Würm, Interwürm).

In Pleistocene in the North of Siberia there was a repeated change of vegetation. The landscapes of arctic deserts are typical of glaciations. In interglaciations forest–tundra and sometimes northern taiga spread into arctic regions.

Repeated variations of sea level glaciations and deglaciations sequenses and landscape alternation prove obvious planetary climate fluctuations.

1678

2 967

В. И. БАРДИН

ИСТОРИЯ ОЛЕДЕНЕНИЯ АНТАРКТИДЫ

(Современное состояние проблемы)

Проблема истории развития антарктического оледенения, как показывают новейшие исследования, исключительно сложна и еще весьма далека от однозначного решения. Сложность ее, кроме общих затруднений, с которыми сталкиваются палеогляциологи, во многом определяется тем, что на антарктическом материке имеется весьма ограниченное число участков, свободных ото льда, где есть возможность изучать следы древнего оледенения. К тому же континентальные рыхлые толщи, осадки ледникового периода Антарктиды, как правило, не содержат органических остатков и датировать их возраст традиционными биостратиграфическими методами не возможно.

Проблемами палеогляциологии южнополярной области серьезно стали заниматься в последние десятилетия. До работ МГГ знания об истории ледникового покрова Антарктиды исчерпывались единственным представлением: оледенение в прошлом, на каком-то из этапов своего развития было еще более мощным, чем в наше время. И долгое время спустя, несмотря на ряд новых работ (Воронов, 1960; Евтеев, 1964; Марков и др., 1968; Шумский, 1969; Hollin, 1962; Wilson, 1964), на большинство вопросов ни о возрасте, ни о эволюции величайшего современного ледникового покрова нашей планеты определенного ответа не было. Лишь в самые последние годы наметился существенный прогресс в изучении истории ледникового периода Антарктиды. Этот прогресс определяется, с одной стороны, тем, что на материке были обнаружены и исследованы в ряде мест разновозрастные ледниковые отложения и с другой стороны – тем, что в омывающих материк водах Южного океана с помощью современных методов, в частности подводного бурения, стали изучаться донные осадки. В настоящей работе рассматриваются результаты палеогляциологических исследований, проведенных непосредственно на континенте.

В 1960 г. американский исследователь Т. Певе (Péwé, 1960) сообщил, что на Земле Виктории, в так называемых сухих долинах, свободных ото льда участках Трансантарктических гор, расположенных поблизости от американской станции Мак-Мердо, обнаружены разновозрастные ледниковые отложения – морены, свидетельствующие о существовании ряда этапов – стадий в развитии оледенения этого района. Работы Т. Певе положили начало углубленному, комплексному исследованию рыхлых осадков указанного района, принесшему, особенно в последнее время, обильную и весьма интересную новую информацию (Calkin and oth., 1970; Calkin, Nichols, 1972; Denton and oth., 1970; Webb, 1972, и т.д.).

Однако сухие долины Земли Виктории, где изучались разновозрастные морены, отличают весьма специфические гляциогеоморфологи-

ческие и тектонические условия[1]. Поэтому не было достаточного основания выводы, полученные здесь (в частности, о стадиальности развития оледенения), распространять на другие районы материка, а тем более на весь антарктический континент. И некоторое время разновозрастные морены рассматривались как уникум данного района.

Во время советских геолого-географических исследований 1967-68 г. автором в горах Земли Королевы Мод (г. Инзель) в существенно иных, более типичных для Антарктиды глящиогеоморфологических условиях также были установлены следы стадиального развития оледенения, найдены разновозрастные ледниковые отложения, свидетельствующие об определенных колебаниях мощности материкового льда, а следовательно, и размеров всего ледникового покрова. Основанием для возрастного расчленения этих отложений послужил ряд своеобразных в основном литологоморфологических признаков, по которым отличались друг от друга морены разного возраста (Бардин, 1969; Бардин, Судакова, 1972; Bardin, 1972).

Изучение геоморфологических черт распределения этих разновозрастных ледниковых осадков показало, что антарктический ледниковый покров, достигнув определенного максимума, в дальнейшем сокращался, испытав, по крайней мере, три циклических колебания. Ход изменения мощности оледенения в данном случае можно условно представить в виде синусоидальной кривой, вершины которой постепенно понижаются.

Почти одновременно с советскими исследованиями на Земле Королевы Мод американские ученые обнаружили в южной части Трансантарктических гор на склонах долины ледника Бирдмор разновозрастные морены, также свидетельствующие о существовании трех крупных стадий последовательного сокращения антарктических льдов (Mercer, 1972).

Дополнительные факты, подтверждающие не случайность такого совпадения, были получены в результате недавних советских работ в горах Принс Чарльз на Земле Мак Робертсона (Бардин, 1974). На склонах горных массивов, окаймляющих депрессию выводного ледника Ламберта (г. Коллинс), также были обнаружены ледниковые отложения трех возрастных генераций. Колебания мощностей льда в перечисленных выше районах, установленные по разновозрастным моренам, показаны на рис. 1.

Несомненное сходство основных событий ледниковой истории в трех далеко отстоящих друг от друга районах Восточной Антарк-

---

[1]Приток льда в долины с внутриматерикового континентального плато осуществляется через порог в коренном ложе и, очевидно, в значительной мере контролируется местными тектоническими подвижками. К тому же эти долины являлись ареной своеобразных, направленных навстречу друг другу осевых оледенений. Лед в них поступал не только с верховьев, со стороны ледникового плато, но и с противоположной стороны от оледенения, развивающегося в районе современного шельфового ледника Росса.

тиды дает право утверждать, что этот гигантский ледниковый покров, во всяком случае, после достижения своего максимума развивался как единое целое, т.е. история антарктического оледенения на этом этапе при определенных местных (районных) особенностях отличалась прежде всего единым общим ходом.

Однако эти результаты позволяют судить лишь о самых общих тенденциях развития антарктического оледенения. Вопрос вопросов антарктической палеогляциологии – датирование событий ледниковой истории – остается нерешенным, так как не найдены достаточно объективные, точные критерии определения возраста "немых" ледниковых толщ Антарктиды, хотя попытки решить этот вопрос на геохимической основе предпринимаются (Бардин, Коноплева, 1971).

Ряд важных датировок имеется только для уже упоминавшихся сухих долин Земли Виктории, где параллельно с развитием оледенения протекали процессы вулканизма и происходило неоднократное излияние лав. Определение возраста лав с помощью K/Ar метода и изучения взаимоотношения лавовых потоков с ледниковыми осадками позволило американским ученым установить геохронологию основных событий ледниковой истории в данном районе. Максимальный возраст лав, излившихся к тому же на ледниковые осадки, достигал здесь около 4 млн. лет (Denton and oth.,1970; Fleck and oth., 1972). Однако в связи с уже упомянутыми гляциогеоморфо-

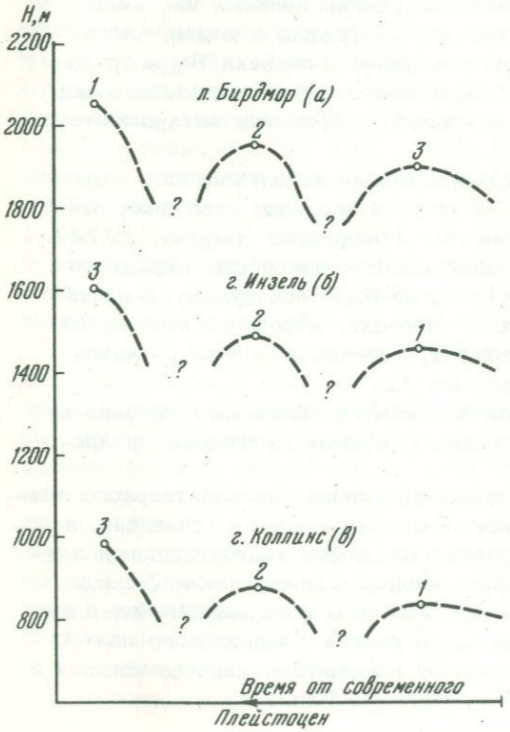


Рис. 1. Характер колебаний мощности материкового ледникового покрова Восточной Антарктиды после достижения максимальных размеров до настоящего времени

По данным наблюдений в горах: Трансантарктических (а), Земли Королевы Мод (б), Принс Чарльз (в).

Цифрами показаны стадии оледенения по Мерсеру (а) и Бардину (б,в). См. таблицу

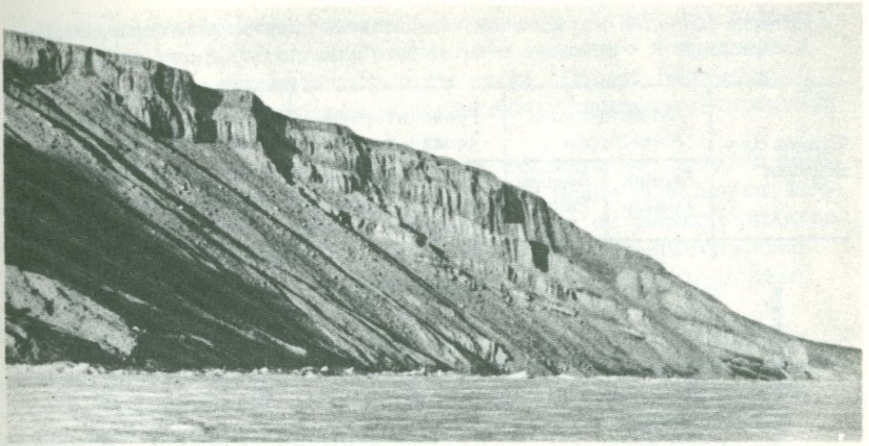


Рис. 2. Разрезы плотных моренных толщ формации Пагодрома. Фото В.И. Бардина

логическими и тектоническими особенностями района сухих долин вопрос о корреляции этих датированных ледниковых осадков с моренами других районов Антарктиды остается открытым.

Наряду с информацией о этапах нисходящего развития ледникового покрова Восточной Антарктиды, последовавших вслед за достижением максимума оледенения, важное значение имеет открытие на антарктическом материке более древних ледниковых осадков, формирование которых протекало на ранних, возможно, начальных этапах развития оледенения. В южной части Трансантарктических гор на высотах от 2300 м и выше Д. Мерсером (Mercer, 1968, 1972) были изучены естественные обнажения плотных моренных толщ (формации Хорлик и Сириус), достигающие мощности 200 м, которые, судя по ряду признаков, сформировались значительно раньше самой древней из трех морен, располагающихся вдоль склонов ледника Бирдмор.

В 1972 г. на Земле Мак Робертсона в северной части гор Принс Чарльз (оазис Эймери) в существенно иных геоморфологических условиях на небольших высотах над уровнем моря на склоне ущелья Пагодрома автором также обнаружены обнажения плотных моренных толщ значительной мощности – формация Пагодрома (рис. 2). Изучение вещественного состава всего комплекса рыхлых отложений данного района показало, что разрезы плотной морены сформировались значительно раньше самой древней из трех разновозрастных морен, развитых на склонах гор, окаймляющих депрессию ледника Ламберта, т.е. картина оказалась аналогичной полученной в Трансантарктических горах Д. Мерсером.

Морфологическое сходство разрезов плотных моренных толщ гор Принс Чарльз с древними моренами Трансантарктических гор позво-

История развития материкового ледникового покрова различных районов Антарктиды

Стадии оледенения	Сухие долины Мак-Мердо		Трансантарктические горы		Горы Земли Королевы Мод, г. Инзель	Горы Принс Чарльз, г. Коллинс, оазис Эймери
	Ледник Тейлор	Ледник Райт	Ледник Риди	Ледник Бирдмор		
Миоцен-плиоцен → плейстоцен	1	1	3	3	1	1
	Тейлор 2	2 Райт	Риди 2	Бирдмор 2	Инзель 2	Коллинс 2
	3	3(?)	1	1	3	3
	1,6-2,1 млн. лет	4	Хорлик	Сириус		Пагодрома
	4 2,7-3,5 млн. лет	3,7 млн. лет				
	5 и т.д.					

Примечание. Таблица составлена по работам: Бардин, 1969, 1974; Bardin, 1972; Calkin a. oth., 1970; Calkin, Nichols, 1972, Denton a. oth., 1970; Mercer, 1968. Сплошная линия, отделяющая район сухих долин от других территорий, свидетельствует об отсутствии возрастных корреляций; прерывистые линии указывают на возможность сопоставления региональных стадий оледенения.

ляет сопоставить их друг с другом. Однако датировки их абсолютного возраста, которые, очевидно, должны быть близки к возрасту начала антарктического покровного оледенения, пока отсутствуют.

В последнее время благодаря K/Ar датировкам лав, излившихся в ледниковое время в горах Джонс (Западная Антарктида), установлено существование покровного оледенения более 7 млн. лет назад (Rutford and oth.,1972). Эти определения вместе с уже упомянутыми датировками в сухих долинах Земли Виктории решительно опровергли взгляды ряда ученых на плейстоценовый возраст антарктического оледенения и поставили под сомнение широко распространенные представления о синхронном ходе развития оледенений в Северном и Южном полушариях. В таблице предпринята попытка скоррелировать основные события ледниковой истории (реконструированной на основе изучения континентальных ледниковых отложений) разных районов Восточной Антарктиды[1].

[1] История оледенения Западной Антарктиды вследствие ряда причин, прежде всего морфологии коренного ложа, возможно, отличалась значительным своеобразием (Mercer, 1973).

Исследования донных осадков в омывающих Антарктиду морях, в том числе предварительные результаты недавнего подводного бурения с научно-исследовательского судна "Гломар Челленджер", показывают, что антарктическое оледенение существует непрерывно в течение около 20 млн. лет.

Кажущаяся еще несколько лет назад сравнительно простой проблема истории антарктического оледенения с появлением новых фактов все более усложняется. Теперь уже при ее решении должны учитываться кроме палеоклиматических данных палеогеографическая интепретация дрейфа гондванских материков, палеотектоника южнополярной области и т.д.

Все это неоспоримо свидетельствует о том, что история оледенения южнополярного континента, крупнейшего современного ледникового покрова Земли, отличается прежде всего чертами своеобразия. Это и должно предопределить дальнейший подход к этой проблеме, очевидно, столь же сложной и неисчерпаемой, как и проблема истории древних оледенений северного полушария.

ABSTRACT

The problem of the antarctic glaciation development hystory is an extremely complicated one and it is far from being solved. The complication of it is that there are seldom areas free from ice in the Antarctic, where we have the possibility to study the traces of the ancient glaciation. Moreover the continental loose deposits of the Antarctic glacial period, as a rule, do not contain organic materials, and that is why it is impossible to date their age with traditional biostratigraphic methods.

Only last years due to discovery of varions-aged glacial deposits on the continent and study of bottom sediments in the waters of the South Ocean, we have achieved some progress in studying the hystory of the antarctic glacial period. This paper deals with only one aspect of this problem study – the results of paleoglaciological investigations on the continent.

The study of various-aged morain complex in the mountains of Victoria Land, Gueen Maud Land and Mac-Robertson Land has allowed to determine the features of unquestionable likeness in the main events of the glacial hystory of the these areas and to conclude that on having achieved its maximum east-antarctic glacial sheet developed as a single whole, being subjected three great cyclic fluctuations.

The strata of glacial deposits, recently discovered in the mountains of Victoria Land and Mac-Robertson Land, probably characterize earlier stages of antarctic glaciation development.

Comparative lithologo-morphological characteristic of morains in investigated areas and available few data regarding the age of deposits have allowed to correlate the events of the glaciation hystory of various areas in the Antarctic and to make a conclusion about general evolution of east-antarctic Cenozoic glaciation.

ЛИТЕРАТУРА

Бардин В.И. Палеогляциологические исследования на Земле Королевы Мод. – Информ. бюлл. Сов. антарк. экспед., 1969, № 75.

Бардин В.И. Географические исследования на Земле Мак-Робертсона. Информ. бюлл. Сов. антарк. экспед., 1974, № 88.

Бардин В.И., Коноплева В.И. О процессах выветривания и проблеме геохронологии ледникового периода Антарктиды. – Антарктика (Докл. Комиссии за 1969 г.). М., "Наука", 1971.

Бардин В.И., Судакова Н.Г. Литологические особенности разновозрастных морен в горах Земли Королевы Мод. – Информ. бюлл. Сов. антарк. экспед., 1972, № 83.

Воронов П.С. Опыт реставрации ледникового щита Антарктиды эпохи максимального оледенения Земли. – Информ. бюлл. Сов. антарк. экспед., 1960, № 23.

Евтеев С.А. Геологическая деятельность ледникового покрова Восточной Антарктиды. М., "Наука", 1964.

Марков К.К., Бардин В.И., Лебедев В.Л. и др. География Антарктиды. М., "Мысль", 1968.

Шумский П.А. Оледенение Антарктиды. Атлас Антарктики, т. 2. Л., Гидрометеоиздат, 1969.

Bardin V.I. Moraines of Antarctica. In: Antarctic geology and geophysics. R.J.Adie (Ed.). Oslo, Universitetsforlaget, 1972.

Calkin P.E., Behling R.E., C.Bull. Glacial history of Wright Valley, Southern Victoria Land, Antarctica. – Antarct. J. U.S., 1970, v. 5, N 1.

Calkin P.E., Nichols R.L. Quaternary studies in Antarctica. – In: Antarctic geology and geophysics, R. J. Adie (Ed.). Oslo, Universitetsforlaget, 1972.

Denton G.H., Armstrong R.L., M.Stuiver. Late Cenozoic glaciation in Antarctica: the record in the McMurdo Sound region. – Antarct. J. U. S., 1970, v. 5, N 1.

Fleck R.J., Jones L.M., Behling R.E. K–Ar dates of the McMurdo volcanics and their relation to the glacial history of Wright Valley. – Antarct. J. U. S., 1972, v. 7, N 6.

Hollin J.T. On the glacial history of Antarctica. – J. Glaciol., 1962, v. 4, N 32.

Mercer J.H. Glacial geology of the Reedy Glacier Area, Antarctica. – Bull. Geol. Soc. America, v. 79, N 4, 1968.

Mercer J.H. Some observations on the glacial geology of the Beardmore glacier area. – In: Antarctic geology and geophysics. R. J. Adie (Ed.). Oslo, Universitetsforlaget, 1972.

Mercer J.H. Cainozoic temperature trends in the southern hemisphere: Antarctic and Andean glacial evidence. – In: Palaeoecology of Africa, E.M. van Z. Bakker (Ed.). Capetawn, Rotterdam, 1973.

Péwé T.L. Multiple glaciation in the McMurdo Sound region, Antarctica. – a progress report. – J. Geol., 1960, v. 68, N 5.

Rutford R.H., Craddock C., Armstrong R.L., White C.M. Tertiary glaciation in the Jones Mountains. – In: Antarctic geology and geophysics. R. J. Adie (Ed.). Oslo, Universitetsforlaget, 1972.

Webb P.N. Wroght fiord, Pliocen marine invasion of an Antarctic dry valley. – Antarctic J. U. S., 1972, v. 7, N 6.

Wilson A.T. Origin of ice ages: an ice shelf theory for Pleistocene glaciation. – Nature, 1964, v. 201, N 4915.

Ю. М. ВАСИЛЬЕВ

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА И ГЛЯЦИОЭВСТАТИЧЕСКИХ ТРАНСГРЕССИЙ ОКЕАНА НА ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЕЙ ЗАМКНУТЫХ И ПОЛУЗАМКНУТЫХ БАССЕЙНОВ

(южные моря СССР)

Южные моря Европейской части СССР (Каспийское, Азовское и Черное) не только близки по своему географическому и широтному положению, но в плейстоцене, так же как и в настоящее время, находились под влиянием сходных климатических условий. В этих бассейнах в плейстоцене происходили трансгрессии и регрессии, обусловленные изменениями климата (плювиальные и аридные условия). Однако, если в изолированном каспийском бассейне колебания уровня были вызваны только этими причинами, в полузамкнутых Азовском и особенно Черном морях влияние климатического фактора на динамику их уровня подавлялось влиянием гляциоэвстатических трансгрессий и регрессий океана.

Высотное положение древних береговых линий часто изменено тектоническими движениями. Поэтому единственный, по нашему мнению, надежный способ реконструкции древних уровней заключается в установлении замещения по простиранию морских отложений аллювиальными и в прослеживании их в пределах речных долин; высота залегания древнего аллювия сравнивается с положением более поздних, в том числе голоценовых аллювиальных свит. При этом все наложенные тектонические движения выявляются с предельной ясностью.

Природа наиболее древней из верхнеплиоценовых акчагыльской трансгрессии в Каспийской области не может считаться выясненной. Существующие материалы указывают на значительную общую соленость акчагыльского бассейна, причем соленость вод возрастала к югу и уменьшалась в Поволжье и Прикамье. Если предположить климатическую (плювиальную) причину акчагыльской трансгрессии, то проникновение в Поволжье и Приуралье видов моллюсков, характерных для вод значительной солености, необъяснимо. Распространение этой трансгрессии до некоторой степени сходно с распространением наиболее осолоненных вод в области Черного и Азовского морей, а также ингрессией их в долины рек во время верхнеплейстоценовой (карангатской) трансгрессии; эта аналогия приводит к выводу о проникновении вод акчагыльского бассейна извне.

В Среднем Поволжье береговая линия акчагыльского моря отмечалась на высоте около 180 м. Казалось бы, о высоком уровне этого бассейна свидетельствует и дальнее проникновение акчагыльских вод в Среднем Поволжье, Прикамье и в Предуралье. Однако это проникновение, вероятнее всего, связано с грандиозным переуглублением речных долин в предакчагыльское время и со значительным поднятием всей территории Поволжья после акча-

гыла. Вблизи восточного склона Ергеней акчагыльские отложения выклиниваются на отрицательных высотах. В долине Манычей отложения этого возраста, так же как и в Приазовье, фиксируются ниже современного уровня моря.

Средне–верхнеакчагыльский возраст имеют хапровские пески окрестностей г. Ростова–на–Дону, содержащие остатки хапровской фауны млекопитающих. В этих отложениях были встречены также раковины кардиид. Подошва толщи расположена на высоте около 5 м над ур. моря; на той же высоте лежат известные нагавские глины у ст. Нагавской на Дону, одновозрастные с хапровской толщей. Вверх по Дону отложения, содержащие остатки фауны хапровского комплекса, залегают на том же (по отношению к урезу реки) уровне. Можно сделать вывод о ненарушенном залегании акчагыльского (хапровского) аллювия на Дону и о положении максимального уровня акчагыльского бассейна на высоте около 0 – +5 м.

Акчагыльские отложения распространены в Приазовье, в Присивашье, известны на юге Таманского полуострова (но почти всюду, кроме юга Тамани, залегают ниже уровня моря) и неизвестны на побережьях Черного моря (кроме южного берега Тамани). Можно предполагать, что максимальная среднеакчагыльская трансгрессия в Приазовье, если и превышала нулевой уровень, то ненамного, а воды этого моря не переливались в Черноморский бассейн. Выходы акчагыла у с. Веселовка на юге Таманского п–ова могут свидетельствовать лишь о крайнем южном распространении акчагыльского бассейна в этом районе, а характер осадков – о прибрежных условиях их накопления. Не исключено, что южнее этого пункта проходила береговая линия акчагыльского моря.

В эоплейстоцене в Каспийской области произошла апшеронская трансгрессия; в осадках этого бассейна встречается фауна только каспийского типа, поэтому климатическая природа трансгрессии замкнутого апшеронского бассейна более вероятна. Уровень его реконструируется довольно уверенно. Распространение отложений этого возраста ограничивается в северном Прикаспии, в Заволжье и у подножья Ергенейской возвышенности изогипсой 0 – +5 м. В долине р. Маныч апшеронские отложения местами несколько приподняты, но в целом, так же как и в Приазовье, известны на высоте не более 0 м. С морскими отложениями смыкаются аллювиальные и другие континентальные образования, известные у Ногайска, с. Каиры, с. Несмияновка. Всюду они лежат на уровне, близком к современному урезу рек. Апшеронские, так же как и акчагыльские отложения, неизвестны в области Черного моря, от которого апшеронский бассейн при его максимальном распространении в области Приазовья, видимо, отделялся невысокой сушей.

Отсутствуют следы проникновения апшеронских (и акчагыльских) вод в речные долины, за исключением их приустьевых частей. Можно думать, что в Приазовье, как и в Каспийской области, уровень апшеронского бассейна не превышал 0 – +5 м.

Плейстоценовые трансгрессии Каспия обусловлены не тектоническими причинами, но только положительным водным балансом плейстоценовых бассейнов. Исчерпывающие сведения по этой проблеме приведены в работах ряда исследователей. Зависимость каспийских трансгрессий от стока талых ледниковых вод при отступании материковых оледенений сейчас полностью исключается. Во время трансгрессий иногда происходил сток каспийских вод по долине р. Маныч на запад, поэтому влияния подпора вод Каспия при гляциоэвстатических трансгрессиях Океана и южных (Средиземное, Черное, Азовское) морей практически не имело места.

По замещению морских каспийских отложений аллювием и прослеживанию последнего в долине Волги мы получаем указания об истинных уровнях каспийских трансгрессий: верхнехвальынская имела уровень около 0 м абс. высоты, нижнехвальынская – 48–50 м, верхнехазарская – 15 м, нижнехазарская – около 0 м. Менее достоверно устанавливается уровень бакинского бассейна, но и он был приблизительно на высоте, близкой 0 м.

По соотношению морских отложений с континентальными отложениями перигляциальной формации видно, что нижне- и верхнехазарская трансгрессии были перед началом (нижнехазарская также и в начале) оледенений; хвальынские трансгрессии совпадали с вюрмскими (валдайскими) оледенениями севера.

Таким образом, каспийские трансгрессии обусловлены положительным водным балансом в области Каспия – понижением температур и испарения при сохранении значительной влажности климата. Во время крупных оледенений среднего – начала верхнего плейстоцена понижение температуры сопровождалось резким увеличением сухости климата и Каспийский бассейн регрессировал: на его северном побережье накапливались перигляциальные континентальные отложения. В связи с изложенным можно считать, что ритмика трансгрессий Каспия отражает ритмику изменений климата и в этом качестве может служить некоторым климатическим репером.

Отложения, синхронные таковым в каспийском бассейне, известны и в области Азовского моря. Это – чаудинские отложения, строго одновременные, по заключениям П.В. Федорова, по крайней мере, с бакинскими отложениями Каспия; древнеэвксинские – содержащие, по мнению исследователей, формы моллюсков, свойственные нижнехазарским отложениям Каспийской области. Видимо, новоэвксинская трансгрессия была одновременно верхнехвальынской трансгрессией.

Таким образом, если считать трансгрессии Каспия плювиальными (климатическими), то такими же оказываются упомянутые трансгрессии каспийского типа в области Азовского и Черного морей.

Наряду с отложениями бассейнов каспийского типа, воды которых проникали в Азовское море с востока по долине р. Маныч, здесь есть отложения, содержащие фауну средиземноморского типа, свидетельствующие о вторжении в азово-черноморскую область

средиземноморских вод. Это обстоятельство уже непосредственно указывает на влияние гляциоэвстатических трансгрессий Океана в области Черного моря и на связанное с этим поднятие уровней и осолонение вод наших южных морей.

Уровни некоторых из трансгрессий (как следует из их связи с трансгрессиями Океана) были около 0 м абс. высоты.

В области Черного моря проявлялись трансгрессии и регрессии, обусловленные как гляциоэвстатическим, так и климатическим факторами, которые сложно сочетались.

История плейстоценовых трансгрессий Черного моря состоит из трех этапов. К первому относится чаудинская трансгрессия; в отложениях этого возраста распространена фауна только каспийского типа, и лишь в районе южных проливов появляются средиземноморские кардииды. Второй этап составляют древнеэвксинские (ранняя и поздняя) трансгрессии, когда распространялась фауна каспийского типа; каждая из этих трансгрессий завершалась (возможно, после некоторого перерыва) значительным осолонением бассейна (палеоузунларская и узунларская трансгрессии), в котором рассеялась фауна средиземноморского типа. К третьему этапу относятся трансгрессии (карангатская и черноморская), во время которых происходило наибольшее осолонение черноморского и азовского бассейнов и распространялась фауна средиземноморского типа.

Существование проливов, соединяющих Черное и Средиземное моря, а последнее с Океаном, позволяет считать, что все упомянутые трансгрессии происходили в этих морях одновременно с гляциоэвстатическими трансгрессиями Океана: иначе их уровни не превышали бы высоту порога стока-проливов, т.е. были бы на несколько десятков метров ниже современного уровня моря. Между тем материалы по Приазовью показывают, что уровни этих и современной трансгрессии были близки и различались не более чем на несколько метров.

Присутствие в чаудинских отложениях эндемичной фауны указывает на то, что приток вод через южные проливы при повышении уровня Океана в это время не был велик и что вероятнее допустить преобладающий перелив вод из Черного моря в Средиземное; эвстатическое повышение уровня Океана оказывало подпруживающее влияние на развитие трансгрессий в южных морях. Отсюда можно сделать вывод о том, что чаудинская трансгрессия в Черном море, так же как и одновременная ей бакинская трансгрессия в Каспии, была гидрократической, обусловлена плювиальными климатическими условиями, с одной стороны, и трансгрессией Океана – с другой. Такие же условия можно предполагать и для Средиземного моря.

Древнеэвксинские бассейны по тем же причинам соответствовали, вероятно, трансгрессиям Океана, подъем уровня которого в это время также оказывал подпруживающее влияние на уровни каскада южных морей; вместе с тем несомненна климатическая обусловленность этих трансгрессий, поскольку в Черном море расселялась фауна каспийского типа при очень малом количестве видов, прони-

ких из Средиземного моря, что указывает на преобладание стока из Черного моря в Средиземное, а не наоборот.

Обстановка в черноморском бассейне резко меняется во время палеоузунларской и узунларской трансгрессий, когда произошло осолонение моря и сюда проникли средиземноморские иммигранты. Смена фаун свидетельствует об установлении отрицательного водного баланса в Черном море, в связи с чем в это время стал преобладать приток вод из Средиземного моря в Черное. Эти трансгрессии, несомненно, также обусловлены эвстатическими повышениями уровня Океана и, вероятно, совпадали с аридизацией климата в области Черного моря. Следует обратить внимание на то, что эти трансгрессии были, несомненно, межледниковые, поскольку обусловлены подъемом уровня Океана.

История Черного моря эпохи оледенений среднего плейстоцена не отражена в морских отложениях ни на террасах Кавказского побережья, ни в северном Причерноморье и Приазовье. По-видимому, здесь, так же как и в области Каспия, во время оледенений господствовали аридные условия, а низкий уровень Океана не создавал гляциоэвстатического подпора в каскаде южных морей; оставался низким он и в одинцовское межледниковье, что исключало подъем уровня Черного моря выше дна проливов.

Высокий подъем уровня Океана в рисс-вюрмское межледниковье обусловил трансгрессии в южных морях. В отличие от древнеэвксинских трансгрессий в это время преобладал приток вод из Океана и Средиземного моря, в связи с чем произошло наибольшее за историю плейстоцена осолонение Черного моря; здесь и в Азовском море, и в эстуариях, образовавшихся в долинах впадавших в него рек, расселялась средиземноморская фауна. Такой обильный приток средиземноморских вод в Черное море свидетельствует о его отрицательном водном балансе и, следовательно, об аридных условиях в этой области. Если исключить приток вод извне – одну из положительных составляющих водного баланса Черного моря в это время, то уровень последнего стал бы резко снижаться (климатическая регрессия на фоне эвстатической трансгрессии). Подобные условия и сейчас имеют место в Средиземном море, которое стало бы быстро регрессировать, если исключить приток вод из Океана.

С другой стороны, в области Черного моря неизбежно должны были проявиться плювиальные условия и климатические трансгрессии, подобные тем, которые были в соседнем Каспийском бассейне. Но если они, как и в Каспии, были в конце межледниковий – начале оледенений или во время малых оледенений верхнего плейстоцена (хвальынские трансгрессии), то совпадали с гляциоэвстатическими регрессиями Океана. Поэтому уровень таких плювиальных бассейнов каспийского типа был не выше порогов стока, т.е. на глубинах в несколько десятков метров. Именно такой была единственная из установленных трансгрессий подобного типа – новоэвксинская – до уровня –30 м.

Таким образом, в полузамкнутых Азовском и Черном морях изменения уровня были вызваны совмещенным воздействием двух факторов – изменениями влажности и гляциоэвстатическими колебаниями уровня Океана. При этом следует обратить внимание на изменение соотношений во времени плювиальных (гидрократических) и гляциоэвстатических трансгрессий, выявляемое по появлению в Черном море средиземноморской фауны и каспийской фауны.

Так, если чаудинская трансгрессия, скорее всего, была климатической, обусловлена плювиальными условиями на юге Европы и совпадала с трансгрессией Океана, то позже, в эпохи ранне- и позднедревнеэвксинских и сопутствующих им палеоузунларской и узунларской трансгрессий плювиальные условия предшествовали максимумам гляциоэвстатических трансгрессий, с которыми совпадало уже установление отрицательного баланса вод Черного моря (аридные климатические условия); в верхнем плейстоцене гляциоэвстатические трансгрессии совпадали с установлением аридных условий (климатические регрессии) на юге Европы. Плювиальная же обстановка здесь, как и в области Каспия, была, по-видимому, в конце межледниковий – начале оледенений и по времени совпадала с гляциоэвстатическими регрессиями Океана. Уровни трангрессий Черного моря в это время определялись высотой дна южных проливов. Поэтому осадки этих плювиальных бассейнов неизвестны на побережьях Черного моря и могут быть обнаружены только среди донных отложений, где в разрезе запечатлена полная история развития Черного моря.

ABSTRACT

The climatic changes and glacial–eustatic fluctuations of the Ocean level were responsible for transgressions and regressions of the Southern Seas of the USSR European part. In the Caspian region the sea level dynamics depended mostly on the climatic changes. In the Azov and Caspian Seas the transgressions and regressions were determined by both factors.

The origin of the most ancient Upper Pliocene Caspian transgressions (Akchagylian) is not clear. The spreading of the fauna rather testifies to the penetration of sea water from outside into the Caspian region. The climatic (pluvial) conditions proved responsible for transgression of the Apsheronian basin, densely populated by the typical Caspian fauna. Judged by spreading of the proper deposits in stable regions, the sea levels of both basins were close to approximated absolute zero. No run off from these basins to the Black Sea region was recorded.

The Pleistocene Caspian transgressions were accounted for only by the pluvial conditions in this area. The latter took place in the beginning of the Middle–Pleistocene Glaciation, at the end of Riss–Würm Interglacial and during the Late–Pleistocene Glaciation. In the region of the Caspian aquatoria the tectonic movements and the glacial discharge didn't influence considerably the sea level changes. The Caspian regressions were caused by the arid conditions during the Middle–Pleistocene glaciation.

In the Azov–Black Sea basin some transgressions (Chaudinskaya, Drevne–Euxinskaya, Novo–Euxinskaya) took place simulteneously with the Caspian ones, this pointing to spreading of pluvial conditions throughout the Azov – Black Sea area. However, due to the presence of the straits, the transgressions were also governed by the eustatic changes of the world Ocean level. Mostly the fauna of the Caspian type recognized in Chaudinsky and Drevne–Euxinsky deposits, testifies to a predominant run off from the area of the Black Sea into the Mediterranean and, hence, to a positive balance of waters of the Black Sea basin (pluvial conditions) in the epoch of these transgressions. On the contrary, the inflow from the Mediterranean Sea, caused by the rise of the ocean level was preponderant during the Paleousunlarskaya and Usunlarskaya transgressions (the Middle Pleistocene). The greatest inflow of the Mediterranean waters into the Azov – Black Sea area and dispersion of the appropriate fauna took place during the Karantagskaya and Chernomorskaya (the Holocene) transgressions due to both the rise of the ocean level and the negacive water balance in the Black Sea area (arid conditions).

The pluvial transgressions of the Black Sea basin could have taken place in the Upper Pleistocene and proved at the same time to be such in the Caspian basin. In this case, however, the Black Sea transgressions coincided with the ocean regressions in time. Their water level was limited by the bottom level of the Southern straits (Bosporus, the Dardanelles). The only transgressions of such kind among the established pluvial transgressions is Novoeusinskaya transgression (Late Pleistocene), it's level being some tens meters below the present level of the Black Sea.

С. С. ВОСКРЕСЕНСКИЙ, Г. С. АНАНЬЕВ, М. П. ГРИЧУК, С. А. ЛЕБЕДЕВ,
Г. А. ПОСТОЛЕНКО, Э. Г. АНАНЬЕВА, И. С. ВОСКРЕСЕНСКИЙ,
С. Д. ВЕНЦКЕВИЧ, Т. Ф. ДЖОБАДЗЕ, И. А. КАРЕВСКАЯ, Г. Н. КОЛОСОВА,
З. М. ПОЛОСУХИНА, В. Ф. МОНАХОВ, В. А. СОЛОВЬЕВ, Г. А. ШУБИН

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ПЛИОЦЕН-ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ИСТОРИИ СЕВЕРО-ВОСТОКА СССР

Горные сооружения Северо–Востока СССР возникли в результате тектонических движений, начавшихся в конце миоцена и продолжающихся до наших дней. Они почти достигли современной высоты и глубины расчленения уже к концу плиоцена, и с тех пор происходит постепенное расширение долин, в результате чего началось постепенное снижение междуречий. Поднятия временами затухали и даже сменялись опусканиями. Картина усложнялась неоднократным оледенением. Рассмотрим в объеме, допускаемом статьей, имеющиеся данные об особенностях рыхлых отложений и строении долин.

Горная страна Колымского региона при максимальной высоте 3147 м и средней высоте 1500–2000 м занимает огромную пло–

щадь. Климат отличается температурными контрастами от зимы к лету и вместе с тем избыточным увлажнением (слой стока 200–250 мм/год). Существуют ледники, но широкому развитию оледенения препятствует теплое лето. Однако так же, как и повсюду, в течение неогена и четвертичного периода на фоне общего похолодания здесь наблюдались циклические изменения климата – эпохи оледенения и межледниковые эпохи.

Значительные мощности плиоцен–четвертичных отложений наблюдаются редко. Во впадинах они достигают более 300 м, в долинах рек – 60–100 м; мощность конечных морен достигает 150 м. Если бы осадконакопление шло непрерывно, то только за четвертичный период должны были сформироваться мощности рыхлых отложений порядка 1500–2000 м. Большую же часть времени, как и везде в горах, в Колымском регионе преобладали денудационные процессы. Тем не менее изученные разрезы (более 100) позволяют охарактеризовать все отделы четвертичного периода и их более мелкие подразделения (ярусы); оказывается также возможным подразделить и верхний плиоцен (низы эоплейстоцена).

Четвертичные отложения горных сооружений Северо–Востока охарактеризованы в работах большого числа исследователей: И.Д. Черского, С.В. Обручева, П.И. Скорнякова, Н.В. Тупицына, Д.М. Колосова, Н.А. Шило, З.В. Орловой, А.П. Васьковского, Ю.Н. Трушкова, И.П. Карташова, Ю.Е. Дорт–Гольца, З.М. Хворостовой, О.В. Кашменской, А.В. Ложкина, А.Е. Желамского, Ю.И. Гольдфабра, И.Б. Флерова, Ф.И. Цхурбаева, М.Д. Эльянова, А.П. Валпетера. Огромный фактический материал, накопившийся в результате исследований десятков тысяч горных выработок, шахт и эксплуатационных разрезов, дает возможность охарактеризовать литолого–фациальные особенности осадков, дать им палеонтологическую (главным образом, палеоботаническую характеристику), оценить геоморфологические условия залегания каждой толщи. Отсюда возникает возможность корреляции между собой всех детально изученных разрезов. Однако абсолютные датировки на основании термолюминесцентного, палеомагнитного и радиоуглеродного анализов немногочисленны.

Углубление речных долин рек Индигирка, Колыма, Анадырь и их притоков началось еще в миоцене. К середине плиоцена речные долины в основном уже приняли те очертания в плане, которые мы видим в настоящее время. Аллювиальные осадки предположительно среднеплиоценового возраста сохранились местами на речных террасах р.Колымы высотой 220 м и более высоких. Устанавливается, что в это время долины обладали значительной шириной (более 2 – 4 км) и малыми уклонами продольного профиля, переносили относительно мелкий обломочный материал. Глубина долин относительно окружающих междуречий уже тогда достигла 300–450 м.

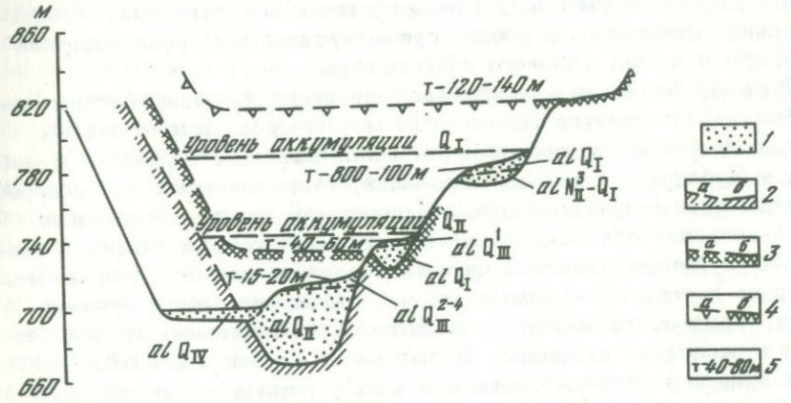
К концу плиоцена долины были углублены еще на 120–180 м (рисунок). Их днища фиксируются сейчас под молодыми рыхлыми осадками на уровнях всего 10–50, а местами и 70 м выше современных урезов рек. Отложения на таких уровнях обнаружены в

долинах рек Берелех, Колыма, Мылга и др. В бассейне р. Нера (приток р. Индигирка) позднеплиоценовые – раннеплейстоценовые аллювиальные осадки местами (Верхне-Худжахская впадина) залегают даже ниже уреза существующих рек.

Накопившийся материал заставляет отказаться от господствующего ранее представления о постепенном, но постоянном углублении долин. Дважды углубление долин сменялось их заполнением (на 40-60 м). Во впадинах величина выполнения была большей.

Этап врезания речных долин в начале раннего плейстоцена сменился этапом мощной аккумуляции аллювиальных, озерно-аллювиальных, склоновых и пролювиальных осадков. Большей частью рыхлые отложения представлены констративными фациями аллювий – галечниками, песками, иногда – щебнистыми склоновыми отложениями, а в Сеймчано-Буюндинской и Верхне-Нерской впадинах – озерными глинами и суглинками. В долинах крупных рек и во впадинах раннеплейстоценовые отложения отмечены до высоты 60-100 м над современным урезом. Особенно хорошо они сохранились вблизи водораздела Колымы и Индигирки: в верховьях рек Контрандья, Худжах, Аян-Юрях и Тымтей, а также в бассейне р. Нера. Здесь мощность их превышает 160 м (аллювиальные и озерно-аллювиальные осадки). Абсолютный возраст верхних горизонтов толщи, так называемых красных галечников, залегающих вблизи устья р. Делянкир на высоте 70 м над урезом реки (по данным термолюминесцентного анализа, проведенного Лабораторией новейших отложений МГУ), составляет 647 000 лет.

Раннеплейстоценовые морены пока не установлены, но удается констатировать, что в отложениях раннего плейстоцена, скрытых



Принципиальная схема расположения разновозрастных аллювиальных толщ в долинах Колымского региона

1 – аллювиальные отложения; 2-4 – разрушенные (а) и сохранившиеся (б) элементы долин среднечетвертичного (2), нижнечетвертичного (3) и плиоценового (4) возраста; 5 – относительные высоты террас

под толщами среднеплейстоценовых морен, имеются экзотические минералы, указывающие на размыв древних морен (здесь отчетливо фиксируется появление минералов, источником которых были гранитные массивы). Приходится предполагать, что размеры раннеплейстоценовых оледенений были невелики, а их морены были уничтожены позднейшим оледенением. И лишь во впадинах, где ледники максимального (среднеплейстоценового) оледенения не имели эродирующей способности, мы находим аллювий, несущий следы домаксимального раннеплейстоценового оледенения.

Отложения среднего плейстоцена пользуются еще большим распространением, хотя и они пострадали от последующего размыва. Сохранились эти отложения на различных высотах относительно современных урезов рек от плюс 80 до минус 15–20 м. Среднеплейстоценовый аллювий залегает в глубоких и широких древних эрозионных врезах, а также на надпойменных террасах высотой 80–50 м над урезом. Во время завершения врезания долинной сети в среднем плейстоцене глубина долин была в общем равна современной. Например, на р. Берелёх (между устьями рек Мальдяк и Нексикан) подошва среднеплейстоценового аллювия лежит на 10–15 м, а по среднему течению р. Мылга на 15–20 м ниже подошвы аллювия поймы. В приустьевых частях долин рек Дебин и Оротукан коренной цоколь, на котором лежит аллювий среднего плейстоцена, находится на 7–17 м над урезом реки (следовательно, на 10–25 м над коренным ложем современного аллювия), будучи перекрыт десятками метров склоновых и аллювиальных отложений. По данным термолюминесцентного анализа, проведенного Лабораторией новейших отложений МГУ, возраст средних горизонтов осадков этого этапа аккумуляции (аллювиальные галечники устьнерской свиты) определен в 478 000 лет. Таким образом, максимальной глубины врезания (относительно урезов существующих рек) реки достигли в первую половину среднего плейстоцена.

В самаровскую ледниковую эпоху впадины и речные долины стали быстро заполняться обломочным материалом. Если в речных долинах в это время формировались аллювиальные галечники и щебнистые суглинки склоновых отложений, то во впадинах широкое распространение получили озерно-аллювиальные осадки. Характерно, что накопление обломочного материала на некоторых участках (например, в Малык-Сиенской впадине) началось еще до возникновения ледников в горах. "Холодные" горизонты отмечаются в средней части толщи озерно-болотных отложений, выполняющих древние долины в верховьях р. Берелех (в интервале глубин 145–165 м). Над ними залегают озерно-болотные осадки с относительно теплолюбивой флорой и озерные отложения с холодолюбивой флорой. Они могут относиться также к низам среднего плейстоцена, но, возможно, и к более высокому горизонту стратиграфической шкалы – к отложениям, предшествовавшим не самаровскому, но тазовскому оледенению. Еще выше лежат водно-ледниковые осадки, а с глубины 85 м – морены среднего плейстоцена.

По западной и юго-западной периферии горных хребтов Оханджа, Чьорго, Буркандья толщи морен сохранились лишь в прилегающих тектонических впадинах или в полосе низких предгорий, где морены налегают на отложения более теплых эпох. Многочисленные эрратические валуны и глыбы наблюдаются в гораздо более широкой полосе (обрамляющей почти все хребты Колымского региона), поднимающиеся выше отметок 1800-2000 м. Граница распространения этих валунов позволяет оконтурить территорию, покрывавшуюся льдом. По ее особенностям можно сказать, что на значительной части Колымского региона преобладало горно-долинное оледенение, причем длина отдельных ледников достигала 30-40 км, но к югу и юго-западу от хр. Тас-Кыстабыт, Бereнджинского хребта и Харанского массива существовали ледяные покровы. Их следы остались в виде эрратических неокатанных глыб поперечником до 4-5 м, сохранившихся почти на всех вершинных поверхностях междуречий с отметками 1200-1400 м. Такой же покров существовал и в бассейне верхнего течения р. Берелех. Ближе к Охотскому морю ледники опускались на днища впадин, а местами достигали берега моря. В Охото-Кухтуйской депрессии в эту эпоху существовал огромный ледник, напоминавший своей морфологией ледник Маляспина.

Позднеплейстоценовые отложения подробно охарактеризованы во многих работах, потому мы дадим им лишь максимально краткую характеристику. По сравнению с более древними (плиоценовыми и плейстоценовыми отложениями) они сохранились гораздо лучше. К ним относится аллювий террас высотой 40 м и менее, имеющий нормальную мощность, склоновые образования, а также комплекс ледниковых отложений, принадлежащих зырянскому и сартанскому оледенениям. Мощность морен, слагающих конечные валы (напорные морены), превышает местами 150 м.

В заключение подчеркнем две важнейшие особенности четвертичной геологической истории.

1. Особенности залегания рыхлых толщ свидетельствуют, что наряду с не менее чем пятикратным оледенением имели место два цикла размыва - накопления осадков, обусловленные изменением положения базиса эрозии для всего Северо-Востока.

2. К началу плейстоцена горы Северо-Востока уже почти достигли своей наибольшей высоты, а эрозионное расчленение распространилось до вершин водотоков. В среднем плейстоцене расчленение горной страны - относительные превышения - достигло на большей части территории максимальных значений и высота гор над уровнем океана также была наибольшей. Следовательно, с конца плиоцена рост горных сооружений, начавшийся в конце миоцена, в общем приостановился. С конца плиоцена и в четвертичном периоде происходило в основном разрушение горных поднятий. Выполаживающиеся склоны речных долин в своей верхней части продвигались в глубь междуречий вплоть до самых водораздельных линий, в результате чего началось и общее понижение высот.

ABSTRACT

At the North–East of the USSR formation of mountains and destruction of the previously flattened topography began at the end of the Miocene, the river valleys bottoms being about 300 – 450 m below surrounding interfluve spaces at the Middle Pliocene and 450 – 600 m – at the beginning of the Pleistocene. Alluvium of Late Pliocene – Early Pleistocene age is now but 10–50 m above the present water level, and at some tectonic depressions it descends even below flood–plain alluvium.

At the Early Pleistocene entrenchment of valleys changed into accumulation. Thickness of the deposits was up to 60–100 m; within tectonic depressions thickness was even more, exceeding 160 m at the Nera basin (Indigirka river system). To this stage of accumulation so–called "red gravels" belong, their upper horizons being dated 647 000 years B.P. (after thermoluminescent data).

At the Middle Pleistocene a new (maximal) cutting of the valley system was succeded by infillment of valleys. The present position of Middle Pleistocene deposits varies from 80 m above the channel level to 15 – 20 m below it (outside the tectonic basins). Thermoluminescent analysis dates the middle horizons of the second stage of accumulation 478 000 years B.P.

During the Late Pleistocene and Holocene the rivers mainly eroded sediments (previously accumulated) and widened their valleys. The present–day valleys are mostly not so deep as those at the Middle Pleistocene were. The Late Pleistocene alluvium can be found at terraces 40 m height or lower.

The mountain region development (as it has been described above) was complicated by repeated glaciations. Within the limits of the Kolyma region the best preserved glacial and glaciofluvial deposits are those of Middle and Late Pleistocene age.

The obtained data thus cotradict the existing conception about mountain topography formation by constant deepening of river valleys.

The entrenchment – infilling cycles seem to be connected with base level changes for the whole North–East of the USSR.

А. Р. ГЕПТНЕР

ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НАКОПЛЕНИЯ ПОЗДНЕКАЙНОЗОЙСКИХ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ФОРМАЦИЙ ИСЛАНДИИ

О влиянии климата на формирование осадочных отложений известно достаточно хорошо. Значительно меньше данных о климатической зональности процесса вулканогенно–осадочного породообразования.

Цель настоящей статьи – рассмотреть некоторые черты ледового типа вулканогенно–осадочного литогенеза. В основу работы по–

ложены материалы, полученные автором во время полевых исследований в Исландии в 1970 и 1972–73 гг. в составе Советской комплексной геолого-геофизической экспедиции АН СССР. Одной из задач этих исследований было выявление особенностей строения вулканогенных и вулканогенно-осадочных толщ, образовавшихся в периоды широкого распространения ледниковых покровов. Наиболее древние следы крупных оледенений установлены здесь в отложениях, возраст которых оценивается около 3 млн. лет. Более древние толщи формировались вначале в условиях теплого, а затем умеренного гумидного климата.

Используя формационный метод анализа, удалось выявить основные особенности строения и состава отложений, отражающие изменения ландшафтной обстановки. Выделение конкретных формаций основывалось на изучении естественных парагенетических ассоциаций пород и генетических типов отложений, сформировавшихся в сходных тектонических и физико-географических условиях.

Установлено существование трех групп формаций: группы платобазальтов, группы лав и вулканокластов и группы вулканогенно-осадочных образований. Всем выделенным формациям присвоены местные названия по местоположению наиболее полных и лучше изученных разрезов или современных вулканических сооружений. Следует отметить, что в основу выделения некоторых формаций положены примеры строения и способа образования современных вулканических сооружений. Это – остров-вулкан Сюртсей, образовавшийся в море к югу от Исландии в 1963–1967 гг., и гигантский лавовый покров, излившийся во время трещинного извержения Лакагигар в 1783 г.

Для формаций первой группы характерно парагенетическое сочетание отдельных лавовых пластов базальтов или их групп с маломощными слоями или линзами разнообразных осадочных пород (конгломераты, песчаники, алевролиты) и кислой и базальтовой тефры. В этой группе формаций по условиям образования выделяются два комплекса пород, две формации разного возраста и стратиграфического распространения.

Наиболее древняя, миоценовая формация Рейдарфьорд сложена 7–10-километровой толщей платобазальтов с отдельными маломощными (первые метры или десятки метров) прослоями угленосных озерных или аллювиальных отложений. Широко распространены горизонты кислых (риолитовых) туфов. Базальтовые сидеромелановые туфы, образующиеся при субаквальных фреатических извержениях, очень редки и слагают маломощные прослои. В некоторых случаях образование их определенно может быть связано с извержениями в кратерных или кальдерных озерах. Формирование комплекса, согласно последним данным (устное сообщение М.А. Ахметьева, 1973), происходило вначале в условиях теплого, а затем умеренного гумидного климата.

Другое парагенетическое сочетание этой группы формаций – чередование покровов базальтов, группирующихся в пачки различной

мощности, с разнообразными ледниковыми накоплениями (донные морены–тиллиты, флювиогляциальные и ледниково–озерные отложения). Большую роль в строении этого комплекса играют сидеромелановые туфы. Характерный элемент парагенеза – отложения катастрофических водных потоков (йокудьхлаупов), образующихся при подледных извержениях. Этот тип парагенеза выделен в формацию Лакагигар, современным примером формирования которой послужило одноименное трещинное извержение. В результате этого извержения, произошедшего в непосредственной близости от края крупнейшего ледникового покрова Исландии Ватнайьокудля, образовался лавовый покров общей площадью 565 км^2 (Thorarinsson, 1967). Лавы покрова ложатся непосредственно на донную морену, возникшую во время одной из последних стадий наступания ледникового покрова (верхний дриас или даже более молодая стадия), на аллювий и более ранние голоценовые лавовые потоки.

Отложения формации Лакагигар в стратиграфической колонке Исландии встречаются на различных уровнях. По периферии центральной тектонической депрессии, крупнейшего геоструктурного элемента острова, ими сложены наиболее древние (плиоцен – ранний плейстоцен) уровни ледниковой части разреза. Плейстоценовые, а также голоценовые и исторические образования формации распространены в центральных частях депрессии. Мощности этих толщ изменяются в широких пределах от 500–600 м для наиболее древних, до десятков метров – для голоцена.

Сочетание в разрезе субаэральных лавовых потоков и ледниковых отложений, среди которых особенно большую роль играют донные морены, свидетельствует о значительных изменениях положения края ледников за время накопления толщи. Переслаивание таких отложений обычно принято рассматривать в качестве прямого свидетельства изменений климата, чередования ледниковий и межледниковий. Согласно этому представлению все субаэральные покровы лав накапливались в межледниковые периоды. Однако это представляется маловероятным. В районах интенсивных вулканических извержений отступание края ледников происходило, видимо, не только в результате климатических колебаний (Гептнер, Лаврушин, 1972). Подледные извержения на приподнятых участках ледникового ложа в результате разрушения части ледникового покрова бурными потоками талых вод быстро становились субаэральными. В это же время в прилегающих депрессиях в толще талых вод формировались субаквальные вулканиты. Отсутствие маркирующих горизонтов сильно затрудняет сопоставление отдельных этапов накопления субаэральных и субаквальных пород.

О тесном взаимоотношении толщ субаэральных лав формации Лакагигар с отложениями субаквальных извержений в Восточной Исландии свидетельствуют фациальные замещения их по латерали к центру депрессии толщами шаровых лав и разнообразных вулканокластов.

Прямое подтверждение такого взаимоотношения – наличие прослоев и линз сидеромелановых туфов в толщах субаэральных лав и

неоднократное переслаивание последних и шаровых лав, шаровых брекчий, сидеромелановых туфов в Западной и Юго-западной Исландии.

Шаровые лавы, разнообразные вулканокласты и горизонты осадочных пород составляют вторую группу формаций, в которой по условиям образования выделены три различных парагенетических комплекса: морской, интрагляциальный и ледово-морской.

В строении морского комплекса (формация Сюртсей) принимают участие шаровые лавы, шаровые брекчии, отдельные потоки субаэральных лав, сидеромелановые туфы, тефроиды и туффиты часто с морской фауной. Мощность формации в первые сотни метров. Условия формирования отдельных членов парагенеза и особенности их сочетания совершенно определенно устанавливаются на примере формирования одноименного острова-вулкана (Thorarinsson, 1965).

Шаровые лавы формировались во время подводных извержений на глубинах около 100 м и менее. Туфовая надводная и подводные части постройки образовались в результате фреатических эксплозий в тот период, когда кратер поднялся до уровня воды. При прекращении доступа воды в кратер эксплозивная деятельность сменилась эффузивной и на поверхность насыпного конуса излились потоки субаэральной лавы.

Интрагляциальная формация Каульфстиндар объединяет отложения, образовавшиеся при извержении вулканов в толще ледниковых покровов. По строению и характеру сочетания в разрезе различных типов вулканитов отложения этой формации чрезвычайно похожи на морские образования. Однако наличие горизонтов основных морен, составляющих характерный элемент парагенеза ледовых вулканогенно-осадочных отложений, позволяет считать этот тип отложений самостоятельной формацией. Интересная особенность шаровых лав этой формации - наличие в них большого количества пустот, образовавшихся вследствие интенсивного выделения газов при извержении на небольших глубинах. Отложения этого типа распространены главным образом в пределах центральной тектонической депрессии. Здесь благодаря неровностям в рельефе ледникового ложа во время извержений создавались благоприятные условия для возникновения крупных водоемов и формирования субаквальных вулканитов. Мощности толщи формации Каульфстиндар в отдельных разрезах достигают 700-1000 м.

Ледово-морские отложения формации Ломагнупур представлены чередованием шаровых лав, генетически связанных с ними гиалокластов и горизонтов осадочных отложений, среди которых главную роль играют основные морены. Подводные извержения происходили на довольно больших глубинах. Шаровые лавы массивные, с небольшим количеством газовых пустот. Вместе с тем чередование в разрезе субаквальных вулканитов с отдельными потоками субаэральных лав и пластами основных морен позволяет считать, что образование отложений формации Ломагнупур происходило максимально на таких глубинах, когда спускавшийся в море ледник не всплы-

вал, а продолжал двигаться по дну как по суше, откладывая основную морену. На юге Исландии отложения формации Ломагнупур слагают обрывы до 600–700 м высоты. По простиранию в глубь острова они фациально замещаются толщей переслаивания субаэральных лав и ледниковых отложений, а в сторону моря – морскими вулканогенно-осадочными толщами формации Сюртсей.

Третья группа формаций вулканогенно-осадочных образований распадается на три комплекса, формирование которых происходило в различных условиях.

Формация Хенгифосс сложена плиоценовыми угленосными аллювиальными и озерными отложениями с единичными потоками субаэральных лав. В стратиграфическом разрезе Исландии это наиболее древние отложения, встреченные в центре страны, в строении которых существенную роль играют туфы субаквальных извержений. Максимальная мощность формации 150 м.

Ей стратиграфически соответствует нижняя часть плиоценовой паралической толщи, слагающей формацию Тьорнес. Последняя сложена прибрежно-морскими и наземными угленосными толщами песчаников и алевролитов, ритмично чередующимися в разрезе. Общая мощность типового разреза формации достигает 450 м. Важно отметить, что в строении этих отложений сидеромелановые туфы играют также большую роль, указывая, очевидно, на синхронные извержения в море и фациальное замещение толщей формации Сюртсей.

Типовой разрез формации Брейдавик (ранний плейстоцен) мощностью около 150 м состоит из трех пачек примерно одинаковой мощности. Каждая пачка в низах сложена основной мореной и фациально с ней связанными водно-ледниковыми отложениями. Ледниковые образования в верх по разрезу сменяются морскими отложениями, содержащими большое количество сидеромеланового туфа.

Таким образом, все выделенные формации по условиям образования могут быть разделены на три группы: формировавшиеся в морской и паралической обстановках (Сюртсей, Тьорнес), формировавшиеся в ледовой обстановке (Каульфстиндар) и формировавшиеся во внеледниковой субаэральной обстановке (Рейдарфьорд, Хенгифосс). Кроме того, часть установленных формаций занимает промежуточное положение, так как образование слагающих их толщ происходило при неоднократной смене обстановок накопления (морской и ледниковой – для формаций Брейдавик и Ломагнупур, ледниковой и внеледниковой субаэральной – для формации Лакагигар).

С миоцена по настоящее время в Исландии основным типом вулканических извержений остаются трещинные излияния базальтов и извержения центральных щитовых вулканов. Вместе с тем выявились существенные различия в строении вулканогенно-осадочных формаций, накапливающихся здесь в различных климатических условиях. Главный тип вулканогенных пород доледниковых формаций – субаэральные покровы базальтов. Ледниковая часть разреза характеризуется наличием больших масс разнообразной базальтовой вул-

канокластики и шаровых лав. Интрагляциальные вулканические сооружения по строению и набору слагающих их пород принципиально не отличаются от морских вулканических аппаратов, образовавшихся на шельфе. Однако их отличительная черта – парагенез шаровых лав, сидеромелановых туфов и основных морен.

ABSTRACT

Three groups of lithologic paragenetical assamblages were distinguished. The first group of flood–basalts is subdivided onto two assamblages. The first one was named Reydarfjord assamblage and consists of thick sequence of flood–basalts include thin layers of coal–bearing lacustrine and alluvial sediments. The second one, named Lakagigar assamblage, contains interbedding of flood–basalts and glacal deposits (ground morain mainly). The pillow–lavas and different volcanoclasitc rocks were grouped into the second line of assamblages in wich three lithological complexes can be distinguished: marine, intraglacial and glacial–marine. Marine complex, named Surtsey assamblage, comprises pillow–lavas, pillow–breccias, sideromelan tuffs and marine deposits. The structure of this complex, mode of origin and relation of different types of rocks are well known from modern marin eruption of Surtsey volcano. In intraglacial complex, for which was given the name Kaulfstindar assamblage, pillow–lavas and volcanoclastic deposits combines with ground morains. The glacial–marine Lomagnupur assamblage consits of interbedding of pillow–lavas, hyloclastits and ground morains. The third group of volcano–sedimentary complexes is subdivided onto: Hengifoss assamblage contains lacustrine and alluvial coal–bearing deposits, Tjornes assamblage consists of interbedding of marine and terrestrial coal–bearind deposits and Breidavik assamblage comprises marine sediments interbedded glacial and tufaceous deposits. Basaltic fissure and central (shield volcanos) eruptions were the main types of volcano phenomena in Iceland from Miocen until the present time. At the same time there is a great difference between glacial and preglacial assamblages, that reflects an influence of climat onto the volcano–sedimentary lithogenesis. The flood–basalts are the main type of volcanic rocks for preglacial assamblages. Pillow–lavas and volcanoclastic rocks are common for glacial assamblages.

ЛИТЕРАТУРА

Гептнер А.Р., Лаврушин Ю.А. Влияние вулканизма на состав и формирование ледниковых отложений Исландии. – Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода АН СССР, 1972, № 39.

Thorarinsson S. Sitt af hverju um Surtseyjargosid (Same Facts about the Surtsey Eruption), Natturufraedingurinn, bd 35, 1965.

Thorarinsson S. Skaftareldar og Lakagigar (The Lakagigar eruption of 1783), Natturufraedingurinn, 1967, bd 37.

Г. И. ГОРЕЦКИЙ

ПАЛЕОПОТАМОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД КОРРЕЛЯЦИИ МОРСКИХ И КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АНТРОПОГЕНА

Проведение работ по корреляции морских и континентальных антропогеновых (четвертичных) осадков весьма затруденено в силу преобладания в их составе континентальных пород, отличающихся большой пестротой, изменчивостью, прерывистостью, разнообразием генетических типов, ограниченным распространением ископаемых остатков флоры и фауны.

Океанические и морские отложения антропогена характеризуются довольно высокой хорологической и стратификационной выдержанностью и значительным содержанием органических остатков, почти не отличаясь в этом отношении от более древних систем кайнозоя и мезозоя. Огромные успехи в изучении геологии океанов и морей, в том числе и морских антропогеновых отложений, достигнутые за последние десятилетия, дают основание надеяться, что в скором времени стратиграфия морских осадков плейстоцена и голоцена будет разработана с большей детальностью и надежностью, чем стратиграфия континентальных толщ.

Вполне вероятно, что корреляция морских антропогеновых осадков, развитых в разных частях морей и океанов земного шара, скоро станет более надежной, чем корреляция континентальных образований. В таком случае корреляция морских и континентальных отложений нашей планеты становится первостепенной задачей исследователей четвертичного периода. Взаимная увязка детальных стратиграфических схем морских и континентальных четвертичных толщ положительно повлияет на уточнение этих схем.

Корреляция морских и континентальных отложений антропогеновой системы может производиться различными методами: традиционным геологическим прослеживанием непосредственных соотношений пород; сопоставлением палеонтологических комплексов; геоморфологическим и палеогеоморфологическим; минералого-петрографическим и геохимическим; литолого-генетическим; фациально-формационным; тектоническим; палеомагнитным; палеогеографическим; палеопотамологическим и др.

Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки в зависимости от конкретных условий сопоставляемых регионов. Палеопотамологический метод геологических корреляций представляет собою универсальную основу для установления соотношений морских и континентальных осадков, так как он синтезирует все методы при комплексном изучении ископаемых аллювиальных свит и прослеживании их на всем протяжении речных долин.

Ложе и борта современных и ископаемых долин антропогеновых рек и прарек сложены разнообразными по генезису, составу и воз-

расту породами, из которых ни одна не имеет сплошного распространения по всей длине долин. И только аллювиальные свиты обладают почти повсеместным развитием на всем протяжении долин или на крупных отрезках их. Аллювиальные свиты образуют естественные связующие звенья, при посредстве которых можно проследить соотношения различных континентальных пород (между собою), а также соотношения последних и морских осадков.

В ледниковых областях аллювиальные свиты дают возможность установить взаимосвязь между разновозрастными моренами, лимногляциальными, флювиогляциальными, перигляциальными, делювиальными, лёссовыми, лёссовидными и другими отложениями с одной стороны и дельтово-аллювиальными, лиманными и морскими осадками – с другой стороны.

Исключительно важное корреляционное значение современных и ископаемых аллювиальных свит предопределяют специфические особенности применения палеопотамологического метода в отношении антропогеновой системы.

Первостепенное место отводится изучению речных дельт, так как в них наблюдаются прямые, непосредственные соотношения морских и континентальных накоплений.

На рис. 1 приведен схематический геологический профиль поперек приморской части древнеэвксинской дельты Днепра. На профиле видно переслаивание четвертичных аллювиальных, дельтово-аллювиальных, морских и лиманных осадков, залегающих в нормальной последовательности на дислоцированных породах неогена.

Дельтово-аллювиальные отложения древнеэвксинского горизонта, в которые переходит аллювий верхнекривичской свиты Пра-Днепра, перекрываются осадками древнетирренской средиземноморской трансгрессии, выше которых покоится перигляциальная толща днепровского оледенения. Такие условия залегания свидетельствуют о доднепровском возрасте древнетирренской трансгрессии, как и считал Н.И.Андрусов (1925).

Центральное место в ряду корреляционных исследований по палеопотамологическому методу занимает составление продольных профилей речных врезов. Достоверность таких продольных профилей зависит от достаточного количества поперечных геологических профилей, пересекающих долины прарек на всю их ширину и обоснованных оптимальным количеством скважин (не менее 5).

На рис. 2 показан продольный профиль речных врезов Пра-Днепра. Несмотря на резкий перелом линий речных врезов на участке порогов, уровни врезов выше и ниже порогов увязываются удовлетворительно.

У границ максимального днепровского оледенения около г.Днепропетровска верхнекривичская аллювиальная свита перекрывается днепровской мореной. У г. Канева постель шевченковской гляциоаллювиальной свиты, заполняющей днепровскую ложбину ледникового выпахивания и размыва, врезана глубже кривичских и венедской аллювиальных свит. Все это подтверждает доднепровский возраст названных свит ископаемого аллювия Пра-Днепра.

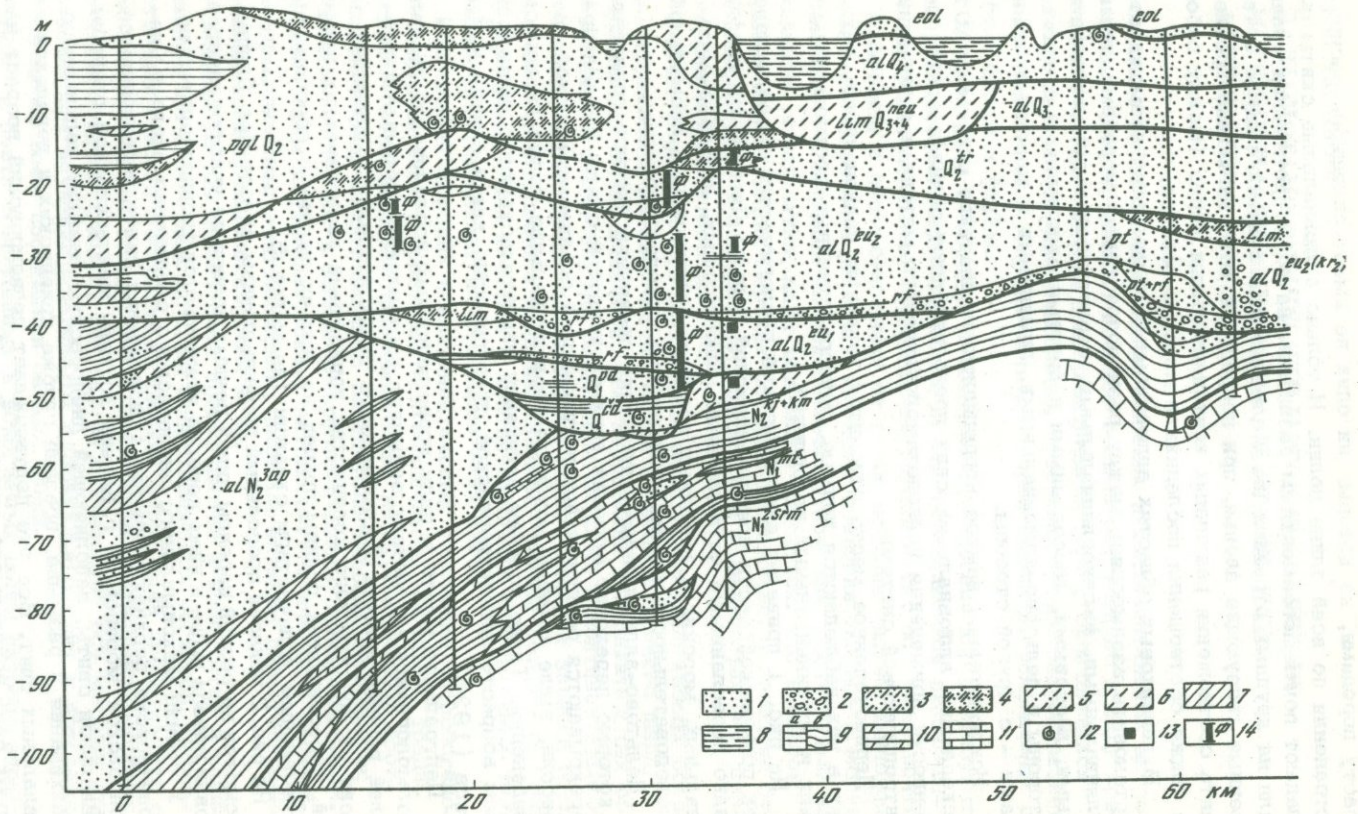

м
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
0
10
20
30
40
50
60 км
eol
eol
alQ4
alQ3
Lim Q3+4 néu
pgl Q2
Q2 tr
alQ2 žú2
alQ2 žú1
pt
Lim
eu2(kr2)
alQ2
pt+rf
rf
Lim
Q1 pa
Q1 čá
N2 kj+km
N1 mč
N1 2srm
alN2 3ap
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

Рис. 1

1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
2100
2200 км
Десна
Киев
Переяслав-Хмельницкий
Канев
Супой
Черкассы
Сула
Кременчуг
Псел
Ворскла
Днепропетровск
Самара
Запорожье
Конка
Каховка
Ингулец
Херсон
Q_2^3 gl-al
al Q_4^1
Подошва al Q_4^1
Поверхность al Q_4^1
Поверхность al Q_4^2
Поверхность pgQ_4^2
Урез воды
Q_1^{ap-kr}
al Q_4^1
Q_2^{gl}
Q_2^{kr}
Q_2^{ch}
Q_2^{kr}
Q_2^{kr}
Q_2^{kr}
Q_2^{kr}
Q_1^{ap-kr}

Рис. 2

Ниже порогов замечается увеличение уклона постели доднепровских аллювиальных свит в противоположность постели аллювия поймы, формировавшейся под влиянием подпруживания новоэвксинской ингрессией. В районе дельты кривичские аллювиальные свиты постепенно переходят в дельтово-аллювиальные и лиманные отложения, приуроченные к двум погребенным прадолинам: нижнекривичской, продолжение которой – Ягорлыцкий залив, и верхнекривичской, продолжение которой прослеживается в Днепровском лимане. Венедская аллювиальная свита уходит под уровень моря в Ягорлыцком заливе.

Подписи к рис. 1 и 2

Рис. 1. Схематический геологический профиль поперек приморской части древнеэвксинской дельты Пра-Днепра

Литология: 1 – пески; 2 – гравий, галька; 3 – супесь грубая (легкая, тощая); 4 – супесь тонкая (тяжелая, жирная); 5 – суглинок грубый; 6 – суглинок средний; 7 – суглинок тонкий; 8 – глина средняя; 9 – глина тонкая; 10 – мергель; 11 – известняк; 12 – раковины; 13 – интервалы отбора проб на палеокарпологический анализ; 14 – интервалы отбора остатков конхилиофауны

Генезис: *al* – аллювиальные, дельтово-аллювиальные; *pgl* – перигляциальные; *lim* – лиманные; *eol* – эоловые

Фации: *pt* – фация русла; *rf* – фация размыва (базальный горизонт)

Стратиграфия: Q_4 – голоцен; Q_3 – верхний, поздний плейстоцен; Q_2 – средний плейстоцен; Q_1 – нижний, ранний плейстоцен.

Горизонты: Q_{3+4}^{neu} – новоэвксинский; Q_2^{tr} – древнетирренский; $Q_2^{eu_2}$ – верхний древнеэвксинский; $Q_2^{kr_2}$ – верхнекривичский; $Q_2^{eu_1}$ – нижний древнеэвксинский; Q_1^{vd} – венедский; $Q_1^{\check{c}d}$ – чаудинский; N_2^{3ap} – апшеронский ярус; N_2^{kj+km} – куяльницко-киммерийский; N_1^{mt} – мэотический; $N_1^{2\,srm}$ – сарматский

Сплошные вертикальные линии – скважины

Рис. 2. Продольный профиль речных врезов Пра-Днепра на протяжении 1100–2300 км от истока

Генезис: *gl–al* – ледниково-аллювиальные.

Стратиграфия: Q_3^1 – первая половина верхнего плейстоцена; Q_3^2 – вторая половина верхнего плейстоцена

Горизонты: Q_2^{kg} – карангатский; $Q_2^{kr_1}$ – нижнекривичский; $Q_1^{vd-\check{c}d}$ – венедско-чаудинский, Q_1^{sk-vd} – соликамско-венедский Q_2^s – Шевченковская ложбина ледникового выпахивания

Остальные буквенные обозначения см. на рис. 1

Погружение кривичских дельтово-аллювиальных и венедских аллювиальных отложений Пра-Днепра под уровень Черного моря указывает на необходимость распространения палеопотамологических исследований на всю северо-западную часть Черного моря, где могут быть обнаружены подводные продолжения ископаемых долин.

Таким образом, в состав исследований корреляций морских и континентальных отложений антропогена палеопотамологическим методом должны войти работы по изучению трех объектов: дельты рек и прарек; собственно долины рек и прарек; подводные продолжения долин рек и прарек на шельфах.

Помимо некоторых иллюстраций из опыта изучения Пра-Днепра можно было бы привести аналогичные примеры по результатам палеопотамологических исследований Пра-Волги, Пра-Камы, Пра-Дона, Пра-Кубани и других прарек, а также морских проливов, особенно Пра-Маныча. Высокая эффективность применения палеопотамологического метода для выяснения корреляций морских и континентальных отложений антропогеновой системы несомненна.

Весьма эффективным будет применение палеопотамологического метода для корреляционных целей и в отношении осадков доантропогеновых систем. В этом убеждает существование ряда закономерностей в палеопотамологии антропогена и доантропогеновых периодов (Яблоков, 1973; Горецкий, 1974).

Палеопотамологическая унаследованность связывает не только прареки антропогена и палеореки неогена, но и далеких их предшественниц.

Палеопотамологический метод, построение продольных профилей речных врезов, изучение дельт и подводных продолжений их на шельфах, помогают как установлению корреляций морских и континентальных отложений, так и решению вопросов об амплитуде неотектонических движений, о миграции дельт, высоте уровней морских бассейнов прошлого и др.

Целесообразно расширить масштабы применения палеопотамологического метода при изучении корреляции морских и континентальных отложений антропогенового и более древних периодов, в том числе исследований по международной программе геологических корреляций (МПГК) применительно к антропогеновой и неогеновой системам.

Тесная связь морских и континентальных осадков антропогена выдвигает настоятельную необходимость расширения объема исследований морей путем включения в них работ по изучению дельт, долин крупных рек, склонов водоразделов и даже самих водоразделов, – изучение отдельных морей необходимо превратить в исследование морей и их бассейнов с широким использованием палеопотамологического метода.

ABSTRACT

The study on correlation of Anthropogene (Quaternary) marine and continental sediments is rather difficult due to continental rocks predominant in their composition. These are variegated, changeable, discontinuous, have diverse genetic types, limited distribution of flora and fauna fossils.

The Anthropogene oceanic and marine deposits are characterized by better persistence of space development and a higher content of paleontological remains almost not differing from older systems of the Cenozoic and Mesozoic.

Enormous advances in studying geology and paleontology of oceans and seas achieved during the last decades allow us to hope that in the nearest future the stratigraphy of Pleistocene and Holocene marine sediments will be worked out more thoroughly and reliably than the stratigraphy of continental beds of the Anthropogene. In this case the correlation of marine and continental deposits of the Globe becomes an urgent task for researchers of the Quaternary Period in the USSR and many countries of the world. The correlation of detailed stratigraphic schemes of Anthropogene marine and continental deposits will contribute to the specification of these schemes.

The correlation of marine and continental deposits of the Anthropogene system can be performed by various methods, the paleopotamological one being most efficient. Burried alluvial suites studied through paleopotamology form natural connecting links distributed almost throughout the river valleys or their large parts adjacent to continental sediments of different composition, genesis and age. Fossiliferous alluvial suites enable a correlation of these deposits borh between each other and to marine deposits.

In works on correlation by means of the paleopotamological method the study of river deltas, where direct relationships between marine and continental deposits can be seen, is of the greatest importance. Figure 1 presents a geological profile across the littoral part of the old Euxinian delta Pre-Dnieper, showing the relationships between the principal suites of burried alluvium and deltaic-alluvial, marine and liman deposits. The fossiliferous alluvial suites and marine deposits of old Tirrenian transgression are overlain by thick periglacial rocks of Dnieprovian glaciation, this being confirmed by the pre-Dnieprovian age of the fossil Pra-Dnieper alluvium and old Tirrenian transgression.

The main role in correlation studies through the paleopotamological method belongs to compilation of longitudinal profiles of the river cuttings. Fig. 2 shows one of these profiles along the Pra-Dnieper valley illustrating the relationships of the Venedskaya, Nizhnekrivichskaya, Verkhnekrivichskaya alluvial suites both between each other and with the Shevchenkovskaya glacio-alluvial suites filling a rill of glacial ploughing and wash-out, and marine sediments of the old Tirrensky, old Euxinian and Chaudinsky horizons. Analogous longitudinal profiles of the river cuttings are constructed along the valleys of the Pra-Volga, Pra-Don, Pra-Manych Rivers, and oth.

The paleopotamological method can be applied to a study of correlations of marine and continental deposits and older pre-Anthropogene systems, particularly the Neogene, as the paleopotamological inheritance is of the common character.

The paleopotamological method for studying the correlation of marine and continental deposits including that following the International Program of Geological Correlations (IPGC) is worth the large-scale use.

ЛИТЕРАТУРА

Андрусов Н.И. Послетретичная тирренская терраса в области Черного моря. – Bull. Acad. sci. Boheme, 1925. Под ред. В.Ласкарева и Д.Андрусова.

Горецкий Г.И. Основные проблемы палеопотамологии антропогена. – Бюлл. Комис. по изуч. четверт. периода, 1974, № 42.

Яблоков В.С. Перерывы в морском осадконакоплении и палеореки в рифее и палеозое Русской платформы. – Труды Геологического ин-та АН СССР вып. 248, 1973.

В. И. ГРОМОВ

О ДВУХ КАНАЛАХ ЭВОЛЮЦИИ ЧЕЛОВЕКА

В науке о происхождении человека – антропогенезе – широким признанием, хотя и не единодушным, в настоящее время пользуется концепция, согласно которой древнейший человек (питекантроп) появился около 1 млн.лет тому назад. В это время у него появились и первые искусственные орудия труда. Только ему – человеку – свойственна трудовая (орудийная) деятельность уже с древнейших стадий его развития. В это же время между человеком и другими животными возникла глубокая пропасть. С появлением современного вида человека (*Homo sapiens*) около 40 тыс. лет тому назад наступила победа социальных закономерностей: поразительная видовая стабильность человека и гигантская скорость развития производства. Процесс снятия видообразующей роли отбора у человека вывел его из законов чисто биологической эволюции, процесс антропогенеза прекратился, биологическая эволюция человека закончилась и т.д. (Якимов, 1965, 1974; Дубинин, 1972а,б; 1973; Нестурх, 1970; Решетов, 1966; Рогинский, 1969; Семенов, 1966).

Находки древнейших остатков человека в восточной Африке, сделанные Л.Лики, его женой, сыном и другими учеными за последние 10–15 лет, заставили полностью отказаться или изменить некоторые выводы, казалось бы, уже решенных вопросов антропогенеза. Сведения эти уже широко известны в литературе и нет необходи-

мости останавливаться на них подробно (Тобайяс, 1966; Иванова, 1974; Урысон, 1970, 1972; Ларичев, 1973; Матюшин, 1974; Семенов, 1966; Курьер ЮНЕСКО, 1972, и др.).

Эти находки подтвердили высказывание К.Маркса о том, что "употребление и создание средств труда свойственно в зародышевой форме некоторым видам животных" (Нестурх, 1970, с. 155), так как доказали, что древнейшие орудия выделывались не только человеком, но и австралопитеками около 3 млн. лет тому назад и раньше (Майр, 1974, и др.).

Известное высказывание Ф.Энгельса "Труд создал самого человека" (Диалектика природы, 1950, с. 132) также получило хорошее подтверждение в находках Л.Лики и других ученых. Эти находки позволили проследить историю рода *Homo* на протяжении более 3 млн. лет до появления в нем современного человека (*Homo sapiens*) и параллельно с этим развитие техники (орудийной деятельности) на том же отрезке времени, а также показать всевозрастающее значение техники в истории человеческого общества.

При современном уровне наших знаний орудия первобытной техники можно разделить на 2 большие группы: I – орудия естественные, II – орудия искусственные.

Время естественных орудий в истории человечества (доиндустриальная эра В.А. Городцова), вероятно, началось в верхнем миоцене, около 14 млн. лет тому назад, когда появилось семейство *Hominidae* (Урысон, 1974), закончилась доиндустриальная эра в нижнем эоплейстоцене, около 3 млн. лет тому назад. В истории техники началось время искусственных орудий, а в истории человечества – древнекаменный или палеолитический период, закончившийся около 10 тыс. лет назад, когда на Земле уже существовали дошумерские культуры.

На протяжении этого отрезка времени можно выделить четыре крупных этапа в эволюции человека и его культуры.

1. Появление искусственных орудий (отщепов) у древнейших представителей рода *Homo* (архантропов), изготовленных при помощи так называемой контрударной техники (без посредников) около 3 млн. лет тому назад.

2. Применение посредников в индустрии *Homo erectus* для разбивания и раздавливания камней с последующим выбором случайных орудий около 800 тыс. лет тому назад.

3. Открытие около 200 тыс. лет тому назад (палеантропом) зависимости между назначением (функцией) орудия и его формой, размером и весом. Широкое применение отбойников (сколотная техника) и появление так называемой леваллуазской техники (Григорьев, 1972); возможно, зарождение в это время изобразительного искусства и первых религиозных представлений; появление людей сапиентского типа (пресапиенсов).

4. Появление верхнепалеолитической индустрии и отжимной техники (у неантропа) около 40 тыс. лет тому назад (или раньше). Многочисленные и разнообразные орудия из камня, кости и дере-

ва достигают своего расцвета у *Homo sapiens*. Изобразительное искусство и религиозные представления также достигают значительного развития в это время.

В биологической эволюции самого человека за 3 млн. лет сменились три крупные стадии: а) архантропа (*Homo habilis, H. erectus*); б) палеантропа (*Praesapiens, H. neanderthalensis*); в) неантропа (*H. sapiens*). На этой последней стадии человек находится и сейчас. Обычно считают, что эта стадия началась 40 тыс. лет тому назад, хотя имеются основания относить ее начало к более раннему времени. Конечно, эти этапы в развитии самого человека и его культуры не заканчивались и не возникали всюду одновременно в различных местах Земли, занимаемых быстро расселявшимся человеком. Последовательность этих этапов указывает лишь на общее направление их развития. Это только схема. Но, как видно из этой схемы, в развитии техники характерно постепенное ускорение темпов ее развития от истоков к современности.

Древнейшие этапы в развитии техники длятся сотнями тысячелетий, позднейшие исчисляются уже тысячелетиями (Громов, 1972), а ближе к современности – всего лишь столетиями и даже десятилетиями; они смыкаются с современной эпохой научно-технической революции. Наука превращается в производительную силу.

Резкий перелом в убыстрении развития техники намечается в самом конце нижнего и начале среднего палеолита, около 200 тыс. лет тому назад, но гигантской скорости развития этот процесс достиг за последние 40 тыс. лет с верхнего палеолита. Это – время появления и господства человека современного вида (*Homo sapiens*).

Вполне естественно поставить вопрос о причине (или причинах) такого ускорения в развитии первобытной техники. Геологически это время совпадает с ухудшением климата и резким похолоданием, которое завершилось появлением на территории Евразии и Америки громадных ледниковых покровов, достигших максимального развития в среднем плейстоцене, и наибольшим похолоданием в верхнем плейстоцене, в вюрме.

"Русская ледниковая эпоха была критической эпохой в развитии органического мира. Перед органическим миром был поставлен вопрос о возможности дальнейшего существования. Животные и растения разрешили эту проблему очень просто: они вымерли, мигрировали или дали новые виды, более приспособленные к новым условиям существования.

Человек решил эту проблему по-иному, чисто по-человечески. Он не вымер и не мигрировал. Он даже не дал сразу нового вида (*Homo sapiens*). Он использовал естественные убежища (пещеры) для защиты от холода. Он начал строить себе шалаши и полуземлянки, он начал широко применять шкуры животных для изготовления одежды. Для этого он начал изготовлять множество различных орудий труда, которые прежде были ему не нужны. Понятно, что жить большими стадными обществами стало трудно. Возникла

новая форма производственных отношений – род. Экзогамия сменила эндогамию. В этом нельзя не видеть качественного отличия человека от животных" (Теперь я написал бы –"от других животных".) "Человек подчинял себе природу, он завоевывал себе власть над природой уже на самых ранних этапах своего развития, но в то же время он был от нее еще в большой зависимости... Нет, конечно, необходимости подчеркивать, что все эти изменения следует связывать с началом, а не с концом наступающей ледниковой эпохи (рисской)... Ледниковая эпоха явилась критической эпохой и для человека, но она не была единственной причиной его дальнейшего развития, она была лишь стимулом, ускорившим этот процесс. Человек и фауна были более чувствительным барометром и с большей ясностью и правильностью отразили в своей истории следы климатических изменений (особенно крупного масштаба), чем геологические образования" (Громов, 1936, с. 107–109). Связь общественного развития палеолитического человека не только с изменениями климата, но и средой его обитания вообще представляется весьма вероятной (Якимов, 1974; Иванова, 1974; Герасимов, Будыко, 1974; Рогинский, 1974).

Кроме того, накопившийся материал позволяет высказывать предположение о том, что родину ближайших предков *Homo sapiens* следует, очевидно, искать на территориях, испытавших непосредственное влияние резкого похолодания во второй половине плейстоцена, исключив при этом Европу и Америку, так как в Европе верхнепалеолитический человек появился внезапно с уже сложившейся культурой, а в Америку он проник, видимо, не раньше середины верхнего плейстоцена из Азии через берингийский мост (Ларичева, 1973; Мочанов, 1973).

Что касается древнейших представителей семейства *Hominidae* и рода *Homo,* то их африканское или центрально-азиатское происхождение не вызывает сомнения (Урысон, 1974, и др.). Быстро расселяясь по поверхности Земли и захватывая все новые территории для своего обитания, человек постепенно становится, по словам В.И. Вернадского, "крупнейшей геологической силой. Современная биосфера превращается в царство разума человеческого – ноосферу" (Вернадский, 1965), т.е. в новую среду обитания, и не только для человека, но и для других обитателей Земли. От самого человека теперь зависит дальнейшая судьба нашей планеты и жизни на ней (Громов, 1972).

Эти факты и привели, вероятно, многих исследователей к выводам о том, что генетическая программа человеку стала не нужна (Дубинин, 1973), потому что в своем развитии человек стал подчиняться только социальным законам, "биологическая эволюция человека закончилась вообще" (Семенов, 1966) и т.д. Вряд ли можно полностью согласиться с такой интерпретацией этих факторов. Так, например, один из основных законов эволюции – естественный отбор – действует и ныне в человеческом обществе (Майр, 1973, 1974; Рогинский, 1974; Эфроимсон, 1968, и др.). Сле-

довательно, нельзя отрицать продолжения биологической эволюции и у современного человека (Громов, 1972).

Можно с уверенностью сказать, что наряду с биологической эволюцией одновременно идет и другой процесс, который, пользуясь термином Н.Д. Дубинина, можно назвать "социальной эволюцией" (Дубинин, 1973). Социальная эволюция проходит по законам преемственности. Сущность этого процесса заключается в том, что научно-техническая и социальная информация не закодированы в генах, наследуются не сами свойства, а предрасположения к свойствам, они развиваются и передаются потомству только через воспитание и обучение (Штейнбек, Макс, 1974а,б)[1].

Итак, эволюция человека протекает одновременно по двум каналам: биологической эволюции и социальной эволюции. Но скорость социальной эволюции по сравнению с биологической начиная с конца нижнего палеолита возрастает. Процесс общественного развития человека идет неизмеримо быстрее его биологического развития. Поэтому человек вступает в ноосферу биологически не подготовленным, с генетической структурой своих предков, что, конечно, усложняет процесс его адаптации к новой среде обитания. Возникает явление, известное под названием "ножницы".

Признание двух каналов в эволюции человека (биологического и социального), мне кажется, позволит лучше понять и объяснить многие широко известные факты, такие, как превращение биосферы в ноосферу, поразительную видовую стабильность *Homo sapiens* на протяжении 40 тыс. лет и связанную с ней генетическую структуру современного человека, унаследованную им от палеолитических предков и пр., а также показать ошибочность некоторых гипотез, таких, например, как гипотезы о накоплении вредных мутантных генов у человека в результате ослабления естественного отбора и выхода из-под его контроля человека как саморегулирующейся системы, о снятии видообразующей роли отбора, о фатальной неизбежности тотальных войн, о завершении процесса антропогенеза, и многих других, связанных с поведением человека. И не только понять, но и обосновать пути искоренения и пресечения вредных человеческих качеств или их проявлений. Наиболее перспективными из таких путей будут два: воспитание и генотерапия, потому что среда (воспитание) и наследственность определяют поведение человека.

Созданию нового человека, т.е. воспитанию человека с марксистско-ленинским мировоззрением, придается сейчас в СССР очень большое значение. Учеными разных стран сделаны первые уверенные шаги и в области генотерапии (Хэнавольт (Hanawalt), 1974; Дубинин, 1973, и др.). Понятно, конечно, что генотерапия, тесно

---

[1] Интересно, что в эволюции многих животных воспитание и обучение также играют важную роль в противоположность инстинктам, с которыми их иногда неправильно отождествляют. Они не закодированы, как и у человека, в генетических структурах и передаются по законам преемственности.

связанная с "инженерной генетикой", представляет огромную силу, которая подобно атомной энергии может принести человечеству как величайшие блага, так и неисчислимые страдания и потому должна находиться под строжайшим общественным контролем. Но это уже другая самостоятельная тема, которая, вероятно, заслуживает специального исследования.

ABSTRACT

Two ways of the Man's evolution are known: biological and social. The essence of the social evolution is: scientific and social information are communicated to the posterity through the laws of inheritance by means of upbringing and training. It has not been recorded in the genetic structure of the Man. Only predispositons to properties are inherited, but not the properties themselves. That is why the heredity and the surroundings (upbringing) determine the actions of the Man.

It is interesting that training and upbringing are important in the evolution of not only the Man, but animals as well. Contrary to the instincts sometimes erroneously identified with upbringing and training, the latter, as well as the information communicated by them, have not been recorded in the genetic structures.

The rate of the social evolution is greater than that of the biological evolution. It increases from the and of the Lower Paleolithic to the present time. The process of social evolution of Man is proceeding immeasurably faster than the biological. The phenomenon named "scissors" appears. The Man, being biologicaly unprepared, enters a new living habitat – "noosphere" occuring from the biosphere.

In the author's opinion, the admission of the two ways of Man's evolution will allow to understand and explain the role of natural habitat, particularly the climatic changes in the evolution of Man. It also gives the opportunity to explain:

a) the conversion "biosphere – noosphere";

b) the striking specific stability of Homo sapiens during 40 000 years;

c) the heredity of Man of out time of the generic structure of his palaeolithic ancestors;

d) the erroneousnessness of such hypotheses as a release of the Man's way from the natural selection control as a self-regulating system, fatal inevitability of total wars, the completion anthropogenesis and biological evolution of Man, etc. It is necessary not only to understand, but also to outline the ways of eradication and cutting off the injurious features of Man. Accordingly, there are two most forward-looking ways: upbringing and genotherapy, because upbringing and heredity determine the Man's actions.

"The creation of the new Man", i.e. the upbringing of the Man with socialist concepts, is considered to be of a great importance in the USSR.

The scientists of different countries began their studies in the field of henotherapy. "Engineering genetics" is the enormous power that, like atomic energy, can give the mankind both the supreme best and the awfull sufferings. Therefore it should be under the strict social inspection.

ЛИТЕРАТУРА

Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружение. М., "Наука", 1965.

Герасимов И., Будыко М. Актуальные взаимодействия человека и природы. – "Коммунист", 1974, № 10.

Григорьев Г.П. Проблемы леваллуа. – В сб. "Материалы и исследования по археологии СССР", № 185. Л., "Наука", 1972.

Громов В.И. Итоги изучения геологии и фауны палеолита СССР. В сб. "Материалы по четвертичному периоду СССР". М.–Л., ОНТИ СССР, 1936.

Громов В.И. Эволюционное учение и проблема антропогенеза. – Сессия, посвященная 100–летию со дня рождения академика А.А. Борисяка. Тезисы докладов. М., "Наука", 1972.

Дубинин Н.Д. Современное естествознание и научное мировоззрение. – Изв. АН СССР, сер. биол., 1972а, № 2.

Дубинин Н.Д. Генетика и будущее человечества. – Вопросы философии, 1972б, № 3.

Дубинин Н.Д. Проблемы современной генетики. – Коммунист, 1973, № 8.

Иванова И.К. Роль геолого–тектонических и палеогеографических факторов в становлении гоминид. – В сб. "Первобытный человек и природная среда". М., изд. Ин–та географии АН СССР, 1974.

Курьер ЮНЕСКО. Происхождение человека. Сб. статей советских и зарубежных ученых. 1972, август–сентябрь.

Ларичев В.Е. Недостающее звено. – Зап. Сиб. кн. изд. Новосибирск, 1973.

Ларичева И.П. Беринги́йская суша и проблема проникновения палеолитического человека в Америку. – В кн. "Беринги́йская суша и ее значение для развития голарктических флор и фаун в кайнозое. Тезисы докладов Всесоюзного симпозиума". Хабаровск, изд. ДВНЦ АН СССР 1973.

Майр Э. Человек как биологический вид. – Природа, 1973, № 12; 1974, № 1.

Матюшин Г.Н. У колыбели истории. М., "Просвещение", 1974.

Мочанов Ю.А. Палеолит Северной Азии и начальные этапы заселения Америки человеком. – В кн. "Беринги́йская суша и ее значения для развития голарктических флор и фаун в кайнозое. Тезисы докладов Всесоюзного симпозиума". Хабаровск, изд. ДВНЦ АН СССР, 1973.

Нестурх М.Ф. Происхождение человека. М., "Наука", 1970.

Решетов Ю.Г. Природа Земли и происхождение человека. М., "Мысль", 1966.

Рогинский Я.Я. Проблемы антропогенеза. М., "Высшая школа", 1969.

Рогинский Я.Я. Факторы среды и проблема происхождения Homo sapiens. – В сб. "Первобытный человек, его материальная культура и природная среда в плейстоцене и голоцене". М., изд. Ин–та географии АН СССР 1974.

Семенов Ю.И. Как возникло человечество. М., "Наука", 1966.
Тобайас Ф. Находки древнейшего человека в Африке. – Междунар. ежегодник "Наука и человечество". М., "Знание", 1966.
Урысон М.И. Некоторые проблемы антропогенеза в свете новых палеоантропологических открытий. В сб. "Итоги науки. Антропология, 1969". М., ВИНИТИ, 1970.
Урысон М.И. Истоки семейства гоминид и филогенетическая дифференциация высших приматов. – В сб. "Человек, эволюция и внутривидовая дифференциация". М., "Знание", 1972.
Урысон М.И. Истоки семейства гоминид в свете данных палеоприматологии. – В сб. "Первобытный человек, его материальная культура и природная среда в плейстоцене и голоцене". М., "Наука", 1974.
Штейнбек Макс. Социальная наследственность и завтрашний день. – В сб. "Будущее науки", вып. 7. М., "Знание", 1974а.
Штейнбек Макс. Наследственность и воспитание. – Наука и жизнь, 1974б, № 1.
Хэнавольт Филипп. "Лечение" генетического аппарата клеток. "Будущее науки", вып. 7. М., "Знание", 1974.
Эфроимсон В.П. Введение в медицинскую генетику. М., "Медицина", 1968.
Энгельс Ф. Диалектика природы. М., Госполитиздат, 1950.
Якимов В.П. Симпозиум "Проблема грани между человеком и животным". – Междунар. конгресс антропологических и этнографических наук. Вопросы антропологии, т. 19. Изд-во МГУ, 1965.
Якимов В.П. Объект изучения – вид Homo sapiens. – В сб. "Будущее науки", вып. 7. М., "Знание", 1974.

И. К. ИВАНОВА

ГЕОЛОГИЯ, КЛИМАТ И ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕЛОВЕКА

Климат – важнейшая часть природной среды, оказывающая глубокое влияние на развитие органического мира. Как известно, климат Земли определяется большим числом факторов как внешнего, космического, так и внутреннего – планетарного и более мелкого масштаба.

К космическими факторам принадлежат интенсивность космического излучения, напряжение геомагнитного и гравитационного полей Земли, солнечная радиация.

К земным факторам относится, с одной стороны, состав атмосферы (облачность, содержание углекислоты, вулканической пыли), а с другой – геологические факторы, обусловленные главным образом развитием внутреннего строения Земли (тектогенез, с которым связываются радиоактивность, охлаждение, распределение суши и моря, рельеф поверхности континентов, и т.д.). Таким образом, климат, под которым часто понимаются лишь температурный режим того или иного региона и количество выпадающих осадков, нельзя рассматривать в отрыве от общего характера природных условий, вызванных геологическими явлениями (Синицын, 1967).

Изменение факторов, определяющих климат, отражается на ходе эволюционного процесса живых организмов. Причем, несомненно, что, чем примитивнее живая система, тем теснее связано ее развитие с окружающей обстановкой, тем глубже влияют на нее изменения климата и природной среды.

Проблема влияния космических факторов на развитие органического мира находится еще в начальной стадии изучения и заключает в себе много неясного. За последние десятилетия большое внимание исследователей обращено на изучение магнитных инверсий, следствием которых является увеличение космического излучения и изменение напряженности геомагнитных полей Земли. Существует мнение о том, что палеомагнитные инверсии – один из ведущих факторов в эволюционных перестройках глобального значения. Так, по мнению А.Н. Храмова (1967), при инверсиях происходит разрушение магнитосферы Земли, причем резко сокращается ее экранирующее влияние и усилившаяся радиация на земной поверхности становится существенным фактором естественного отбора и мутационного видообразования. Интенсивные внешние импульсы нарушают равновесие существующей биологической системы. Повышенная мутабильность приводит к тому, что процветавшие ранее органические группы заменяются новыми, обычно более совершенными. Палеомагнитные инверсии многоцикличны, и с этим связывается цикличность в развитии биологических объектов.

Такие вопросы рассматривались на Совещании, посвященном влиянию космических факторов на развитие органического мира, которое было созвано в 1974 г. в Москве (Космос и эволюция организмов, 1974). Указанный ход событий как будто бы находит себе подтверждение, например, для морских моллюсков. Однако он проявляется в основном для крупных эволюционных этапов высокого ранга. И если говорить о млекопитающих, то, вероятно, применим лишь для очень далеких предков "человеческой" линии.

Нет сомнений в том, что появление и эволюция наиболее сложного творения Земли – человека – также протекали в тесном взаимодействии с природными условиями, в том числе и климатическими. Причем главную роль играл здесь комплекс земных условий.

Особенно ярко можно это проследить на примере ранних, зачаточных стадий антропогенеза.

По данным новейших открытий и исследований, местом зарождения человечества с наибольшей вероятностью можно считать Восточную Африку. Именно на этой территории обнаружены все древнейшие находки высокоорганизованных приматов, давших начало линии гоминид. Именно здесь прослеживается наиболее полный генетический ряд этой линии, начиная от верхнемиоценовых рамапитеков. Наконец, здесь же обнаружены древнейшие в мире каменные изделия – первые следы сознательной деятельности гоминид.

Естественно, что космические факторы в равной мере оказывали в прошлом влияние на климат всего Африканского континента.

Однако геологические и палеогеографические условия отдельных его частей были резко различными, и это оказалось решающим. Попытаемся дать им краткую характеристику.

В настоящее время считается общепризнанным, что первые человекообразные обезьяны – антропоиды – появились в северо-восточной части Африки, на месте современной провинции Файюм (левобережье Нила к западу от Каира). Они связаны с олигоценовыми отложениями (формация Джебель Катрани), распространенными между возвышенностью Джебель Катрани на севере и оз. Биркет Карун – на юге. В палеогене здесь существовал залив Средиземного моря, затем возникла обширная дельта, а с начала олигоцена окончательно установился континентальный режим. Образовавшийся оазис с богатой растительностью был населен большим числом разнообразных крупных млекопитающих. Среди последних еще в верхнем эоцене впервые появились моеритерии – предковая форма хоботных. В олигоцене возникли первые высшие приматы, в том числе такие формы, как эолопитек и египтопитек, давшие начало всем высокоорганизованным обезьянам, расселившимся позже по территории Старого Света.

Однако это были лишь обезьяны. В неогене в Восточной Африке появились более прогрессивные формы, с которых многие исследователи начинают линию гоминид.

Своеобразие геологического строения Восточной Африки обусловлено тем, что ее пересекает в долготном направлении Великая Африканская или Африкано-Аравийская рифтовая система. Она начинается у восточного окончания Средиземного моря, захватывает Красное море, проходит по территории Эфиопии, Кении, Танзании и затухает в Мозамбикском проливе. Общее протяжение рифтовой системы, самой грандиозной в пределах континентов, имеет около 6000 км (Милановский, 1973; Белоусов, Герасимовский, Горячев и др., 1974). Она представляет собой сложную, активную область грабенов и других структур растяжения в пределах материковой коры и состоит из ряда отдельных зон, имеющих разные размеры и простирания. Среди них наибольший интерес имеет для нас Восточно-Африканская рифтовая зона, пересекаемая экватором, образующая две ветви – восточную и западную. Она окаймляет область блокового поднятия умеренной амплитуды, к которой приурочено оз. Виктория. В южной части, в Танзании, Восточная ветвь веерообразно расщепляется и затухает. На севере, севернее оз. Рудольфа, она сочленяется со следующей крупной, типично выраженной Эфиопской рифтовой зоной, изгибающейся в север-северо-восточном направлении. Протяженность Восточной ветви рифтовой зоны составляет около 1200 км, а вместе с Эфиопской зоной – до 4000 км (Горячев, 1974).

Заложение рифтовых зон Восточно-Африканской системы происходило в разное время. Однако наиболее интенсивно процессы рифтообразования проявлялись в миоцене и плиоцен-четвертичном периоде. Причем именно в пределах Восточной ветви (известной под назва-

нием рифта Грегори или Кенийского рифта) и Эфиопской зоны они протекали особенно ярко. Здесь отмечались исключительная активность новейших движений и широчайшее развитие молодого вулканизма. Наземный вулканизм, пространственно и генетически связанный с неотектоническими деформациями, не имел себе равных на других материках (Милановский, 1973).

В таких условиях был создан сложный и многообразный рельеф, со значительным размахом высот.

Климат благодаря приэкваториальному положению этой территории был устойчиво теплым во все времена года, с различным атмосферным увлажнением отдельных ее участков в зависимости от характера рельефа.

Во времени имели место некоторые колебания влажности атмосферы и интенсивности накопления осадков, но в целом на протяжении миллионов лет здесь не возникало столь засушливых условий, которые могли бы препятствовать развитию органической жизни[1]. Вся территория была хорошо обводнена и покрыта многочисленными озерами, заполнявшими грабены или образованными в связи с запруживающей деятельностью вулканов. Шло накопление мощных толщ осадочных отложений, переслаивающихся с продуктами вулканических излияний.

Ландшафты Восточной рифтовой зоны отличались большим разнообразием. Имеется достаточно данных полагать, что здесь существовали участки приречных тропических лесов, в различной степени залесенные саванны, заболоченные берега озер, горные леса, высокогорные луга и т.д. Сложность и изменчивость рельефа обуславливали частую смену зональности и чередование разных типов ландшафта, имеющее мозаичный характер. Животный и растительный мир Восточной Африки был также очень богат и чрезвычайно разнообразен.

Важно отметить, что при общем длительно сохранявшемся благоприятном палеогеографическом фоне эта обстановка заключала в себе ряд сложностей, во всяком случае для таких существ, как первые гоминиды, при их слабой биологической защищенности. Она не была столь спокойной, как жизнь обезьян в обширных тропических лесах. Здесь приходилось вести в известной мере борьбу за существование. Много опасности заключало в себе обилие крупных животных, часто достигавших гигантских размеров (хищники, копытные, хоботные, свинообразные), от которых трудно было найти себе убежище. Горообразовательные движения сопровождались землетрясениями. По-видимому, имели место катастрофические ливни, наводнения. И конечно, большую роль играл вулканизм. Частые извержения громадных вулканов опустошали колоссальные площади, угрожая живым

[1] В этом отношении показателен разрез в Олдувайском ущелье, один из наиболее полных в Восточной Африке, где признаки аридизации отмечаются только для слоя III, имеющего среднеплейстоценовый возраст.

существам и лишая их привычной пищи. Не исключена возможность влияния радиации, выделяемой при вулканических излияниях, которая, с одной стороны, могла привести к гибели живых существ, и с другой – к повышению их мутабильности.

Все известные до сих пор находки остатков древнейших ископаемых гоминид связаны с территорией Восточной ветви рифтовой системы, что, по нашему мнению, отнюдь не является случайным. Эта относительно небольшая территория могла служить своего рода экологической нишей, в которой протекал и был завершен процесс становления человека. Судя по новейшим данным, по-видимому, к ней следует присоединить и Эфиопскую рифтовую зону, где существовали близкие палеогеографические условия.

Обилие прослоев вулканитов в отложениях описываемой территории дало ее исследователям неоценимую возможность для определения возраста находок калийаргоновым методом. В настоящее время количество калийаргоновых дат по Восточной рифтовой зоне измеряется уже сотнями. Причем в большинстве случаев эти даты контролируются палеонтологическими данными – составом сопутствующей фауны млекопитающих.

Древнейшим находкам ископаемых гоминид Африки посвящена обширная зарубежная литература, и в последние годы неоднократно созывались специальные совещания, связанные с этой проблемой. Ряд публикаций имеется по этому вопросу и в СССР (Урысон, 1970, 1974; Иванова, 1972, 1974а,б, и др.).

В нашу компетенцию не входит рассмотрение морфологического характера и таксономической принадлежности отдельных находок. Но геологический возраст обнаруженных остатков гоминид Восточной Африки позволяет выявить определенную их последовательность во времени.

Так, древнейшая находка (часть нижней челюсти) формы, названной кениапитеком, близкая, по данным антропологов, к рамапитекам Индии, но более древняя, имеет возраст около 14 млн. лет (Форт Тернан на восточном побережье оз. Виктория).

Затем следует отдельный моляр, обнаруженный в отложениях формации Нгороро и датируемый возрастом 11,5 млн. лет (район оз. Баринго).

Костные остатки, относящиеся, по мнению большинства антропологов, уже к австралопитекам, имеют возраст 5,5 млн. лет (Лотегем на юго-западном побережье оз. Рудольф).

Известны находки остатков австралопитеков, датируемые возрастом около 4 млн. лет (Шемерон в районе оз. Баринго, а также предположительно Канапои на юго-западном берегу оз. Рудольфа).

Большие серии находок различных частей черепов и скелетов австралопитеков и более прогрессивных форм, относящихся многими антропологами уже к роду Homo, известны в диапазоне времени от 3 до 1 млн. лет (низовья р. Омо, восточное побережье оз. Рудольф, Чесованья у оз. Баринго, Олдувайское ущелье в Танзании).

В пределах Эфиопской рифтовой зоны (долина р. Аваш) также известны костенсные отложения плио–плейстоценового возраста. Они распространены особенно широко в грабене Центрального Афара в нижнем течении р. Аваш. По характеру хоботных, гиппопотамов, свиней и другой фауны примерный возраст этих отложений определяется в 4 – 1,8 млн. лет. В самое последнее время появилась информация о находке здесь также и костных остатков ископаемых гоминид.

Большую важность имеет то обстоятельство, что на описываемой территории отмечено присутствие древнейших примитивных каменных изделий, датируемых возрастом начиная от 2,6 млн. лет. В Олдувайском ущелье на так называемой жилой поверхности – прообразе культурного слоя – обнаружен искусственно выложенный круг из камней, разбитые кости млекопитающих и другие следы обитания. Можно полагать, что населявшие Восточную Африку гоминиды в столь раннее время уже проявляли признаки сознательной деятельности, т.е. вышли из ряда животных и стали на путь антропогенеза.

Столь древние каменные изделия в других частях Африки не обнаружены. И они неизмеримо древнее, чем все известные находки примитивной "галечной индустрии" в Европе и Азии[1].

В Европе нет достоверных находок заведомо обработанных каменных предметов в отложениях древнее 0,7–0,8 млн. лет. В частности местонахождение в гроте Валлоне на юге Франции, в течение ряда лет считавшееся наиболее ранним в Европе и даже сопоставлявшееся с древнейшими Олдувайскими слоями (de Lumley, 1969), оказалось моложе указанной даты (устное сообщение профессора де Люмлея, 1974).

В Азии, по единодушному мнению всех индийских исследователей, а также ученых из других стран, каменные изделия весьма примитивного облика имеют среднеплейстоценовый возраст. Причем это объясняется палеоклиматическими причинами (сильной аридизацией климата в предыдущее время).

Палеогеографические условия неоген–четвертичного времени в других частях Африканского континента были иными, чем в Восточной рифтовой области. Значительные территории представляли собой бесплодную пустыню. В речных долинах, например в бассейне Конго, где послепалеогеновые отложения имеют слабое развитие, господствовали тропические леса. В этих случаях были широко представлены разные виды ископаемых обезьян, но неизвестны остатки гоминид.

Часть черепа примитивной формы гоминид (возможно, переходной от австралопитеков к питекантропам) найдена во впадине оз. Чад, выполненной значительной толщей позднекайнозойских образований. Однако по составу сопутствующей фауны они не древнее слоя II Олдувайского ущелья, т.е. имеют возраст не более 1 млн. лет. Каменных изделий при этом обнаружено не было.

---

[1] Здесь не упоминается о других континентах, где человек появился значительно позднее.

В пределах Западной ветви Восточно-Африканской рифтовой системы, протягивающейся с юга на север к западу от оз. Виктория, также не найдено остатков гоминид или следов их деятельности в отложениях большой древности. Можно предположить, что причиной этого были различия природных условий в плиоцен-четвертичное время. Размах рельефа там был почти вдвое больше, чем в Восточной ветви, вулканизм действовал несравненно слабее, сейсмическая активность, наоборот, была резко усилена и т.д. (Горячев, 1974). Все это отражалось на климате, характере ландшафтов, литологическом составе пород, а отсюда – на развитии растительного и животного мира.

Южнее, в пределах Руква-Ньясской рифтовой зоны, относящейся, по Е.Е. Милановскому (Белоусов, Герасимовский, Горячев и др., 1974, т. 2), к так называемому щелевому типу рифтов, вулканическая деятельность ограничена и начала развиваться позднее, чем в Восточной зоне. Сейсмическая активность усилена. Система развитых здесь глубоких грабенов выполнена толщей позднекайнозойских отложений, иногда костеносных. Однако комплексная геолого-археологическая экспедиция, работавшая в течение нескольких сезонов в Малави на северо-западном берегу оз. Ньясса (Clark, Haynes, Mawby, Gautier, 1970), обнаружила только сравнительно молодые археологические объекты. В отложениях, параллелизируемых с хорошо изученными и датированными отложениями формации шунгура в низовьях р. Омо, никаких следов деятельности гоминид встречено не было.

Возникает вопрос о Южной Африке, где обнаружено значительное число остатков австралопитеков в иных условиях – в пещерах. Прежде всего следует попытаться установить их соотношение с восточно-африканскими гоминидами во времени.

Все находки австралопитеков Южной Африки приурочены к так называемому Трансваальскому массиву, являющемуся южной краевой частью древней Южно-Африканской платформы. Эта область, испытывавшая в глубокой геологической древности сильнейшие тектонические нарушения, сопровождавшиеся вулканическими излияниями, сохраняла относительно стабильное положение в кайнозое. Имевшее место общее поднятие региона проходило спокойно, без существенных нарушений. Вулканическая деятельность полностью отсутствовала. Климат был довольно сухим, с небольшим количеством выпадающих осадков. Господствовали полупустынный ландшафт и саванны.

Костные остатки австралопитеков были обнаружены здесь в пещерах, выработанных в доломитовых докембрийских известняках и в одном случае – в травертинах, отложенных карбонатными источниками, вытекающими из известняков (пещера Таунг). Вместе с ними было найдено значительное количество изолированных костей животных. Отсутствие прослоев вулканического материала в кайнозойских отложениях Южной Африки не дает возможности определения их калийаргонового возраста. Существующие датировки австралопитеков основываются на традиционном палеонтологическом методе – коли-

честве вымерших форм в составе сопутствующей фауны и синхронизации этой фауны с хорошо датированной восточноафриканской. Появились также "абсолютные" даты, основанные на геоморфологических исследованиях – определении времени эрозионного вреза долин, вскрывающих доломитовую толщу, и заложения карстовых пещер на их склонах.

На таком основании в литературе фигурируют даты в 3,0–2,5 млн. лет для отложений наиболее древних пещер Макапансгат и Штеркфонтейн и 1–1,5 млн. лет – для относительно молодых пещер Сварткранс и Кромдраи. Остатки из пещеры Таунг, считавшиеся ранее самыми древними, обнаружены в геоморфологических условиях, указывающих на их более поздний возраст.

Разумеется, полученные таким образом "абсолютные" цифры (быстро подхваченные многими исследователями) могут быть только сугубо предположительными. Фауну Южной Африки трудно сравнивать с восточноафриканской в связи с тем, что между двумя регионами существует и ранее существовал известный зоогеографических барьер (пустыня Калахари, долина р. Замбези). Фауна Южной Африки и особенно ее растительность развивались при некоторой изоляции, в связи с чем реликтовые формы могли обитать здесь дольше, чем в более северных областях. Представляется, что предполагаемый возраст находок (во всяком случае, более ранних) слишком удревнен.

Высказывалось мнение о том, что Южная Африка могла быть прародиной человека. Однако в настоящее время в связи с новыми открытиями в Восточной Африке сторонников такого мнения становится все меньше и меньше. Предполагается также, что Южная Африка входила в область прародины вместе с Восточной Африкой. Процесс антропогенеза связывается при этом, с одной стороны, с радиоактивностью этой территории (крупнейшие урановые месторождения в докембрийских отложениях) и с другой – с палеомагнитными инверсиями (Матюшин, 1974). Однако нам представляется, что Южную Африку вряд ли следует включать в область становления человечества. Обнаруженные здесь формы моложе и примитивнее восточноафриканских. Это можно заключить из следующих фактов.

1. В Южной Африке отсутствуют находки такой глубокой древности (кениапитеки, древнейшие австралопитеки), как в Восточной. Миоценовая и раннеплиоценовая фауна представлена здесь вообще крайне бедно, что говорит об отсутствии благоприятных условий для ее развития.

2. Древних каменных изделий, сопоставимых с восточноафриканскими, в Южной Африке не обнаружено. Выделенная Р. Брумом остеодонтокератическая "культура" (скопления костей и зубов в пещерах) находит себе иное объяснение и связывается с деятельностью животных, и в частности леопардов, охотившихся и на австралопитеков (Brain, 1969).

3. В морфологическом отношении южноафриканские австралопитеки примитивнее восточноафриканских. Особенно показателен в этом отношении объем их мозга (Holloway, 1973).

Для *A. africanus* из Таунга, Штеркфонтейна и Макапансгата он колеблется от 428 до 485 $см^3$. *A. habilis* Восточной Африки имеет емкость черепной коробки от 590 до 687 $см^3$ (не говоря уже о "черепе № 1470" с Восточного Рудольфа, еще более крупном). Обычно упоминается о том, что *A. robustus* обеих частей Африки имеет одинаковую емкость черепа – 530 $см^3$. Однако нельзя не учитывать, что для Восточной Африки этот объем относится к особи из слоя I Олдувайского ущелья с возрастом в 1,75 млн. лет, а для Южной Африки имеется в виду черепная крышка из Сварткранса, встреченная среди фауны, коррелируемой с фауной из слоя II Олдувая, т.е. из значительно более поздних отложений (Hendey, 1974; Brain, 1969).

По-видимому, австралопитеки, имеющие развитие в Восточной Африке, периодически проникали на юг и вели там обособленное существование, не достигнув большого прогресса в своем развитии.

Из всего изложенного следует, что основная роль в эволюции гоминид на ранних стадиях антропогенеза принадлежала "земным" факторам в такой последовательности: тектогенез – распределение суши и моря – рельеф поверхности – климат – осадконакопление – ландшафты – растительный и животный мир.

Космические факторы, оказывавшие одинаковое влияние на разные части Земли, не имели самостоятельного значения.

ABSTRACT

The climate is an important part of the natural environment influencing on the development of the organic world. It is determined by a great number of factors of both the outer, cosmic, and the inner (planetar and more local) character.

The most significant evolutional changes of the organic life of the Earth in the distant past appered to take place under the influence of cosmic factors, these not being clear enough. As to the origin and development of Man, this having been prepared by the previous history of living organisms, the "earth" factors play the main part. In this case the climate can't de considered separately, it is one of the links of a chain: orogenic movements – distribution of continents and oceans – surface relief – climate – sedimentation – landscapes – flora and fauna.

An attempt has been made to show the example of Eastern part of African continent, that it is the environment that played the principal role in determining the place and time of appearance and evolution of Man at the early stages of anthropogenesis.

The cosmic factors, affecting in the same degree the other parts of the continent, where another natural peculiarities existed, couldn't be of any independent importance.

ЛИТЕРАТУРА

Белоусов В.В., Герасимовский В.И., Горячев А.В. и др. Восточно-Африканская рифтовая система, т. 1 и 2. "Наука", 1974.
Горячев А.В. Рифты – глобальные структуры земной коры. – Природа, 1974, № 9.
Иванова И.К. Ископаемые гоминиды и нижняя граница четвертичного периода. – В сб. докл. по проблеме "Граница между неогеном и четвертичной системой", ч. 2. М., изд. Мин-ва культуры СССР, 1972.
Иванова И.К. О прародине человека. – Природа, 1974а, № 10.
Иванова И.К. Роль геолого-тектонических и палеогеографических факторов в становлении гоминид. – В сб. "Первобытный человек и природная среда". М., изд. Ин-та географии АН СССР, 1974б.
Космос и эволюция организмов. – Материалы совещания "Космические факторы и эволюция органического мира". М., изд. Палеонтологического ин-та АН СССР, 1974.
Матюшин Г.Н. О роли ионизирующей радиации в процессе антропогенеза. – Материалы совещания "Космические факторы и эволюция органического мира". М., изд. Палеонтологического ин-та АН СССР, 1974.
Милановский Е.Е. Неотектоника. – В сб. "Геология и полезные ископаемые Африки." М., "Недра", 1973.
Синицын В.М. Введение в палеоклиматологию. М., "Недра", 1967.
Урысон М.И. Некоторые проблемы антропогенеза в свете последних палеоантропологических открытий. – Итоги науки. Антропология. М., ВИНИТИ, 1970.
Урысон М.И. Истоки семейства гоминид в свете данных палеоприматологии. – В сб. "Первобытный человек и природная серия". М., изд. Ин-та географии АН СССР, 1974.
Храмов А.Н. Магнитное поле Земли (анализ мировых палеомагнитных данных). – Изв. АН СССР, сер. Физика Земли, 1967, № 1.

Brain C.K. Who killed the Swartkrans Ape-men? – South Afr. Mus. Assoc. Bull., 1969, v. 9, N 4.
Clark J.D., Haynes C.V. Jr., Mawby J.E., Gautier A. Interim report on Palaeo-Antropological Investigations in the Lake Malawi rift. – Quaternaria, 1970, v. 13.
Hendey Q.B. New fossil Carnivores from the Swartkrans Australopithecine Site. – Ann. Transvaal Mus., 1974, v. 24, N 3.
Holloway R.L. New endocranial values for the E. African early Hominids. – Nature, 1973, v. 243.
Lumley de H. Les civilisations préhistoriques en France. Correlation avec la chronologie quaternaire. Etudes françaises sur le Quaternaire (Prés. du VIII Congr. INQUA), 1969, Paris.

И. П. КАРТАШОВ, А. Г. ЧЕРНЯХОВСКИЙ

РОЛЬ ГЛЯЦИОЭВСТАТИКИ И КОЛЕБАНИЙ КЛИМАТА В ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ КУБЫ

Мы начали работы на Кубе в 1969 г. и проводили их совместно с кубинскими геологами Н.А. Майо и Л.Л. Пеньяльвером. Весь фактический материал, который нам удалось собрать, и выводы, сделанные на его основе,– результат этих исследований.

К началу наших работ большинством геологов, изучавших рельеф и четвертичные отложения Кубы, разделялось мнение о субаэральном (континентальном) происхождении поверхностей выравнивания, широко развитых на Кубе. Эти поверхности рассматривались как реликты пенепленов и педипленов различного возраста – от позднемиоценового до среднеплейстоценового, причем единственной основой этих возрастных "определений" служила высота поверхностей выравнивания (Ducloz, 1963). Эти построения плохо выдерживают критику, так как разновозрастные пенеплены не могут примыкать друг к другу вплотную, а возможность формирования педипленов путем отступания крутых склонов "параллельно самим себе" не находит никакого подтверждения в особенностях строения рельефа Кубы.

Геоморфологический анализ строения некоторых равнин Кубы, и особенно равнины о-ва Пиноса, характерная черта которых – присутствие крутосклонных островных гор, сложенных теми же породами, что и равнины, и, несомненно, не связанных с какими-либо неотектоническими блоковыми подвижками, позволил нам прийти к выводу о том, что большинство этих поверхностей выравнивания, а может быть и все они, образованы морской абразией (Kartashov, Mayo, 1972). Правильность этого вывода очень скоро была подтверждена многочисленными находками рыхлых осадочных терригенных отложений, слагающих изометричные покровы на поверхностях выравнивания самой разной высоты. Состав этих маломощных (2–5 м) отложений, представленных глинами, глинистыми песками и песками, нередко содержащими то или иное количество гравия и мелкой гальки разной степени окатанности, и особенно формы их залегания не оставляют сомнения в их морском происхождении.

До наших работ морские терригенные отложения на Кубе были известны только в пределах низких прибрежных равнин. Упоминались в литературе и аллювиальные толщи. Но каких-либо сведений о маломощных терригенных морских отложениях на поверхностях выравнивания, поднятых иногда более чем на 100 м над уровнем моря и располагающихся вдали от современных берегов, не существовало вообще, хотя они распространены довольно широко. Это объясняется, по-видимому, тем, что из-за очень слабой изученности четвертичной геологической истории Кубы эти отложения в большинстве случаев принимались либо за кору выветривания дочетвертичных пород, либо за мощные красные почвы (Bennett and Allison, 1928).

Весь комплекс рыхлых терригенных отложений состоит из разновозрастных толщ, резко различающихся своим внешним обликом – главным образом окраской. Причины этих различий: с одной стороны – различная степень переработки отложений процессом химического выветривания, с другой стороны – наличие или отсутствие красного железистого пигмента, представленного гидроокислами железа. Наибольшее значение для палеогеографических интерпретаций имеют

различия в степени переработки отложений выветриванием. По этому признаку рыхлые терригенные отложения Кубы можно разделить на две группы.

В группу выветрелых отложений входят две толщи, довольно близкие по внешнему облику, но, по-видимому, имеющие разный генезис и разный возраст. Внешнее сходство определяется их характерной пятнистой окраской. Белесые, зеленовато-серые, красные пятна, маскирующие первичную текстуру, несомненно, образованы перераспределением материала в ходе процесса выветривания. Отложения, представленные песками, глинистыми песками, галечниками, обычно обладают косой слоистостью и, скорее всего, являются аллювием. Толща глин и глинистых песков, часто содержащих то или иное количество гравия и гальки и обладающих неясной горизонтальной слоистостью или вовсе не слоистых, по форме залегания (обширные изометричные покровы) может быть уверенно отнесена к морским образованиям.

Для верхних горизонтов обеих толщ характерно присутствие железистых конкреций, сформированных *in situ*. Нередко эти конкреции сливаются в сплошной латеритный панцирь.

В тех случаях, когда обе толщи примыкают одна к другой почти вплотную, аллювиальные отложения поднимаются над равнинами, сложенными морскими осадками, образуя террасы. Это дает нам основания считать аллювиальную толщу более древней, чем морская, хотя возможность того, что эти аллювиальные и морские отложения являются фациальными разновидностями одной толщи, нельзя считать полностью исключенной.

В самых нижних, сохранившихся от выветривания горизонтах морской толщи характерный минерал глинистой составляющей – монтмориллонит, в одних случаях преобладающий, в других – присутствующий вместе со смешанно-слоистыми хлорит-монтмориллонитовыми и слюда-монтмориллонитовыми образованиями, слюдами, хлоритом, каолинитом и другими минералами. При выветривании наиболее интенсивно разрушается монтмориллонит, и в пестроцветных отложениях, как морских, так и аллювиальных, глинистые минералы представлены главным образом каолинитом, диоктаэдрическими слюдами, слюда-монтмориллонитом и каолинит-монтмориллонитом.

В группу невыветрелых отложений кроме голоценовых образований входят две резко различные по своему внешнему облику и внутреннему строению толщи. Первая из них представлена красно-бурыми, иногда с пурпурными оттенками глинами и глинистыми песками, часто содержащими маломощные прослои гравия, иногда гальки и даже валунов. Именно эти красноцветные отложения были названы Беннеттом и Аллисоном "красными почвами серии Матансас" (Bennett and Allison, 1928).

Первые сомнения в аллювиальном происхождении этих образований были высказаны А. Нуньесом-Хименесом и его соавторами (Núñez Jiménez et al., 1965), которые считали, что красноцветные от-

ложения содержат значительное количество переотложенного материала коры выветривания серпентинитов. Совсем недавно Ф. Формель-Кортина и Ю.Ю. Бугельский (Formell Cortina, Buguelskiy, 1974) на основе наблюдений в районах Сан-Мигель-де-лос-Баньос (провинция Матансас) и Сьерра-Кубитас (провинция Камагуэй) и серий химических анализов из образцов, отобранных в этих районах, показали полную несостоятельность представлений об элювиально-карстовом происхождении красноцветных отложений и доказали, что в изученных ими районах эти отложения представляют собой переотложенную кору выветривания серпентинитов. Вопрос о способе переотложения этой коры выветривания оставлен ими без ответа.

Наши наблюдения показывают, что красноцветные глины и пески, на первый взгляд не слоистые, в большинстве случаев обладают неясной горизонтальной слоистостью, которая прослеживается в распределении материала различной крупности. Песок, гравий и галька в этих отложениях представлены кварцем, кремнистыми породами, окатанными железистыми конкрециями и обломками латеритного панциря. Отложения не содержат железистых конкреций, сформированных *in situ* и не несут никаких других следов перераспределения материала процессами выветривания. В глинистой составляющей, содержащей большое количество аморфного материала, преобладает несовершенный каолинит и довольно часто присутствуют диоктаэдрические слюды.

Слагая обширные равнины, протягивающиеся на десятки километров, эти отложения обычно обладают незначительной мощностью (1-3 м), которая лишь в редких случаях может, по-видимому, увеличиваться до 10 м (Ducloz, 1963). Совершенно очевидно, что их формирование не может быть связано с флювиальной аккумуляцией. Поверхности этих равнин нередко бывают идеально горизонтальными, что исключает возможность делювиального происхождения слагающих равнины отложений. Невозможно предполагать и их озерное происхождение, так как даже неполные сведения о их распространении показывают, что озера таких размеров не могли не соединяться с морем. Единственным объяснением происхождения красноцветных отложений остается признание их прямой генетической связи с обширной морской трансгрессией.

И красный цвет, и минералогическая характеристика этих отложений свидетельствуют о том, что главным источником питания морского бассейна терригенным материалом была кора выветривания, которая размывалась как самим трансгрессирующим морем, так и реками, впадающими в этом море. Однако связь этой коры выветривания с массивами серпентинитов, конечно, не универсальна. В большинстве случаев красноцветные отложения формировались за счет размыва охарактеризованных выше выветрелых пестроцветных отложений, на размытой поверхности которых они чаще всего и залегают. Во всяком случае, ни кварцевый песок в их обломочной составляющей, ни каолинит в глинистой не могли иметь своим источником кору выветривания, развитую на серпентинитах.

Следует отметить, что кроме этой толщи морских красноцветных отложений на Кубе существуют также красноцветные образования другого происхождения (элювий и делювий, связанные с серпентинитами, остаточные карстовые отложения, аллювий), и более древние и более молодые. Однако все они имеют ограниченное распространение, изучены недостаточно и в настоящее время нами не рассматриваются.

Вторая толща этой группы имеет более сложное строение. Ее верхний горизонт (1–3 м) почти повсеместно представлен зеленовато-серыми, темно-серыми и темно-бурыми глинами и глинистыми песками, иногда с гравием. Иногда этот горизонт залегает непосредственно на коренных породах, иногда на бурых, желтовато-бурых и серых песках, глинистых песках и галечниках, нередко обладающих превосходно выраженной косой слоистостью. По данным бурения в нижней части толщи присутствуют один или несколько горизонтов глин, сходных с глинами верхнего горизонта. В наиболее глубоких понижениях коренного ложа (тальвегах древних долин) основание толщи всегда сложено песками и галечниками, а ее общая мощность на таких участках достигает 25 м. Толща слагает наклонные прибрежные равнины в провинциях Лас-Вильяс, Камагуэй и Ориенте, поднимающиеся от уровня моря до высоты 25–30 м. Ее тесная гентическая связь с этими формами рельефа, литологические особенности отложений и формы их залегания позволяют довольно уверенно считать, что толща представляет собой полигенетическое аллювиально-морское образование.

Обломочный материал всей толщи имеет полимиктовый состав, причем характерно присутствие в нем обломков карбонатных пород. Все отложения толщи содержат вторичные карбонатные стяжения (журавчики), которые иногда образуют маломощные выдержанные горизонты. В нескольких обнажениях в верхнем горизонте толщи были обнаружены многочисленные друзы гипса. Среди глинистых минералов резко преобладает монтмориллонит. Очевидно, не только сама эта толща, но и породы, бывшие источником ее терригенного материала, не подвергались интенсивному химическому выветриванию.

Этот факт наряду с тесной пространственной связью морских отложений толщи с современной береговой линией позволяет считать ее наиболее молодым из всех перечисленных терригенных образований. Правда, не исключено, что красноцветные отложения, до сих пор не обнаруженные в непосредственных контактах с этой толщей, могут оказаться одновозрастными с ней или с какой-то ее частью. Литологические различия между этими образованиями, так же как и менее четкая пространственная связь красноцветных отложений с современной береговой линией, могут быть следствием не различного времени формирования, а различного неотектонического режима районов их распространения. Для однозначного решения этой проблемы требуется дополнительный фактический материал.

Все охарактеризованные терригенные толщи, несомненно, самые молодые (за исключением голоценовых) геологические образования Кубы. Красноцветные отложения трансгрессивно залегают на карбонатных породах верхнеплиоценовой (Torre, 1971) формации Канимар, а подстилающие их в большинстве других районов пестроцветные отложения по степени своей литификации, особенностям формирования и залегания, прямой генетической связи с современным рельефом настолько ближе к красноцветным осадкам, чем к любым другим более древним образованиям, включая и формацию Канимар, что их послеплиоценовый возраст также не вызывает сомнений.

Таким образом, современные геологические и геоморфологические данные позволяют утверждать, что четвертичный период на Кубе характеризовался неоднократным чередованием трансгрессий, вырабатывавших широкие абразионные равнины и отлагавших маломощные терригенные осадки на этих равнинах, и регрессий, следами которых являются выветривание морских отложений, карстовые процессы, проявлявшиеся ниже уровня моря (Núñez Jiménez et al., 1965), накопление аллювия на прибрежных равнинах и т.п. Это чередование превосходно увязывается с общепринятыми представлениями о гляциоэвстатических колебаниях уровня моря. Это дает нам право утверждать, что гляциоэвстатика была основной причиной чередования трансгрессий и регрессий, определявших весь ход четвертичной геологической истории Кубы.

В то же время неотектонические движения, на фоне которых проявлялись гляциоэвстатические трансгрессии и регрессии, были и достаточно интенсивными и дифференцированными. Это особенно хорошо видно на примере пространственных взаимоотношений между пестроцветной и красноцветной толщами. Равнины, сложенные с поверхности красноцветными отложениями, встречаются на высотах от 200 до 5 м над уровнем моря. Пестроцветные отложения были обнаружены и на равнинах высотой до 120 м, и на равнинах, уходящих под уровень моря, и на всех промежуточных высотах. Дальнейшие исследования, по всей вероятности, увеличат этот диапазон высот, так как наиболее высокие поверхности выравнивания Кубы нами еще не изучались. Очень часто красноцветные отложения залегают непосредственно на пестроцветных, но нередко можно видеть, что на одной и той же почти горизонтальной равнине выходят на поверхность и те и другие отложения, причем пестроцветные осадки очень плавно погружаются под красноцветные, а затем вообще выклиниваются. Нередко встречаются обширные площади, сложенные пестроцветными отложениями без каких-либо следов красноцветного покрова, и не менее обширные площади, сложенные красноцветными отложениями, залегающими непосредственно на дочетвертичных породах.

В свете этих данных любые попытки определять возраст поверхностей выравнивания Кубы по их высоте теряют всякий смысл. Вместе с тем становится ясным, что тщательное картирование разновозрастных морских терригенных осадков и последующий анализ

их высотного положения дают такой материал для изучения неотектоники Кубы, значение которого трудно переоценить.

Предположение о том, что в четвертичное время климатические условия Кубы, как и других тропических и субтропических стран, неоднократно менялись от влажных (плювиальные периоды) до аридных или семиаридных, высказывалось многими авторами. Однако одни исследователи связывали увеличение влажности с оледенениями высоких широт, другие – с межледниковьями. Краткая сводка этих различных представлений была нами недавно опубликована (Mayo, Kartashov, 1972).

В современных условиях каолинитовые профили выветривания не формируются на равнинах Кубы. Их активное формирование происходит только в тех горных районах, которые получают больше 1800 мм годовых осадков. Выветривание, создавшее характерные признаки пестроцветной толщи морских осадков, очевидно, происходило в значительно более влажных условиях, чем современные. Это же можно сказать и о большинстве карстовых форм рельефа, которые в настоящее время имеют явно реликтовый характер. Как уже говорилось, и выветрелые осадки, и карстовые формы прослеживаются ниже уровня моря. Это позволяет утверждать, что периоды увлажнения климата совпадали главным образом с регрессиями океана и, следовательно, с оледенениями высоких широт, хотя максимумы увлажнения и максимумы общепланетарного похолодания вряд ли были одновременными.

Следы климата, более сухого, чем современный, в четвертичной геологической летописи Кубы немногочисленны и небесспорны. Они исчерпываются существованием прибрежных дюн, сложенных калькаренитами (эолианитами). По аналогии с Бермудскими островами, где эти образования изучены значительно лучше, можно предполагать, что дюны образовались во время трансгрессий океана. Однако исследования дюн Бермудских островов дают некоторые основания для сомнений в том, что климат времени их формирования отличался значительной аридностью (Bretz, 1960). Оценивая возможные масштабы уменьшения влажности климата Кубы во время межледниковых трансгрессий, следует учитывать и тот факт, что наиболее значительные из этих трансгрессий заливали бóльшую часть территории Кубы. Суша сохранялась только на месте современных горных сооружений, которые существовали в виде отдельных островов.

Гораздо более заметно, чем чередование влажных и сухих периодов, отразилась в четвертичной геологической летописи другая тенденция изменения климата Кубы – последовательное уменьшение его влажности. Если в первой половине четвертичного периода влажность была достаточной для формирования каолинитовых профилей выветривания, то во время последних оледенений влажность климата, если и увеличивалась по сравнению с межледниковьями, то, во всяком случае, недостаточно для того, чтобы сформировать каолинитовую кору выветривания на более молодых морских терригенных толщах. Четким рубежом в этом направленном изменении климата

была, очевидно, обширная трансгрессия, во время которой сформировались красноцветные отложения. После нее в большинстве районов Кубы среднее годовое количество осадков, очевидно, ни разу не достигало 1800 мм.

К сожалению, биостратиграфия четвертичной системы Кубы изучена настолько плохо, что датировать этот рубеж более или менее точно не представляется возможным. Можно только предполагать, что эта трансгрессия была не моложе сангамонского межледниковья (первая половина позднего плейстоцена).

ABSTRACT

Up to the beginning of our investigations in 1969, the planation surfaces wich are widely distributed in Cuba were thought to be of a subaerial (continental) origin (Ducloz, 1963).

In fact, all these surfaces, with a possible exception of oldest and highest ones, are wave-cut platforms, often with a thin (rarely more than 3 m) cover of marine clastic sediments of different ages. Those clays, sands, and gravels may be roughly divided into two main groups of weathered and non-weathered sediments.

Sediments of the older group have a weathering profile ranging from 2 m to more than 5 m in thickness. Characteristic of the profile are destruction of primary minerals, transformation of montmorillonite into kaolinite and amorphous matter, and active mobilization and redistribution of the matter. The process results in the very typical variegated coloring of sediments and formation of ferruginous nodules and hardpans in their upper parts.

Sediments of the younger group are not weathered, and some of them even contain carbonates and gypsum. The most widely distributed formation of the group is the so-called "Matanzas red soil" (Bennett and Allison, 1928) which is, in fact, of a sedimentary origin. It is represented by red-brown clays and sands with thin intercalations of gravel. Abundant ferruginous nodules have not originated *in situ*, being redeposited from older formations. Any other signs of redistribution of the matter within the red sediments cannot be seen either.

We have found formations of both groups upon the planation surfaces of different altitudes – from the surfaces descending below sea level up to altitudes of some 200 m. Sometimes both types of sediments occur on the same surface, the younger ones overlying the older or replacing them laterally with a transgressive contact. It suggests that the Quaternary transgressions and regressions, which evidently reflected glacioeustatic changes in the sea level, evolved against the background of intense neotectonic movements.

At the present, kaolinite weathering profiles are evolving only in such mountainous areas of Cuba which receive more than 1800 mm of annual precipitation. Evidently, in the past, at least during some intervals of the first half of the Quaternary, the climate of Cuba was considerably more humid.

The weathered marine sediments as well as karstic features, which have originated undoubtedly under more humid conditions than present-day ones, descend occasionally below the sea level. Therefore, assuming, that the Quaternary climate of Cuba has fluctuated between humid and arid (semi-arid) conditions as it is established for other tropical regions, we have to admit that the humid periods have coincided mainly with regression of the ocean, and, consequently, with glaciations of higher latitudes.

The most striking feature of the Quaternary climate of Cuba, rather than the alternation of humid and arid periods, is a progressive decrease of its humidity. The last glacioeustatic regression (or regressions) could be accompanied by an increase of humidity. However, it was not sufficient for the formation of kaolinite weathering profiles upon the younger marine sediments.

ЛИТЕРАТУРА

Bennet H.H., Allison R.V. The soils of Cuba. Tropical plant. Research Found., Washington, 1928, XXIV.

Bretz J.H. Bermuda: A partially drowned, late mature Pleistocene Karst. – Bull. Geol. Soc. America. 1960, v. 71, p. 1729–1754.

Ducloz C. Etude géomorphologique de la région de Matanzas, Cuba (avec une contribution à l'étude des dépots quaternaires de la zone Habana–Matanzas). Arch. sci., Genève, 1963, v. 16, fasc. 2.

Formell Cortina F., Buguelskiy Y.Y. Sobre la existencia en Cuba de lateritas ferroniqueliferas redepositadas Sobre calizas. En "Contribución a la Geologia de Cuba". La Habana, 1974.

Kartashov I. P., Mayo N.A. Sobre la posible influencia de la abrasion del mar en la formacion del relieve del Cuba. Actas del Inst. Geologia, Ac. Ciencias. 1972, Cuba, N 2.

Mayo N.A., Kartashov I.P. El problema de las oscilaciones climaticas en el Pleistoceno de Cuba. Actas del Inst. Geologia, Ac. Cienciac, 1972, Cuba, N 2.

Núñez Jiménez A., Panos V., Stelcl O. Investigaciones carsólogicas en Cuba. Inst. Geografia, Ac. Ciencias, 1965, Cuba.

Torre, de la, A. Comentarious Sobre un trabajo del Dr. Pedro J. Bermúdez con aporte de nuevos datos sobre el Neógeno y el Cuaternario de Matanzas. Univ. Habana, Ciencias, 1971, serie 4 – Ciencias Biol., N 21.

Н. В. КИНД, Л. Д. СУЛЕРЖИЦКИЙ

О ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОЛЕДЕНЕНИЯХ И МОРСКИХ ТРАНСГРЕССИЯХ СЕВЕРА СРЕДНЕЙ СИБИРИ

История оледенений севера Сибири и связанных с ними трансгрессий Полярного бассейна – одна из наиболее интересных и вместе с тем дискуссионных проблем четвертичной геологии. Отдельным ее аспектам посвящено огромное число работ, написанных исследователями самых различных направлений. При этом нетрудно прос-

ледить, как, начиная с выхода в свет монографий В.Н.Сакса – пионера и классика четвертичной геологии Сибирского Севера, – происходила дивергенция взглядов на эту проблему по двум основным направлениям: по вопросу о возрасте и генезисе четвертичных отложений и по вопросу о временной и причинной связи оледенений и морских трансгрессий. В своем крайнем выражении эти расхождения вылились в современную дискуссию между так называемыми гляциолистическим и маринистическим направлениями, которая нашла широкое отражение в печати. Мы не собираемся излагать сущность этих разногласий и вообще касаться этой стороны вопроса. Цель настоящей статьи значительно скромнее: попытаться произвести некоторые палеогеографические реконструкции, опираясь на новые представления о стратиграфии ледниковых и морских толщ Северо-Сибирской низменности и прилегающих территорий.

О ВОЗРАСТЕ ПОСЛЕДНЕГО ОЛЕДЕНЕНИЯ И ПРЕДШЕСТВОВАВШЕЙ МОРСКОЙ ТРАНСГРЕССИИ

Стратиграфическая схема В.Н. Сакса, которая до сих пор служит основой для всех исследователей Сибири, по мере накопления нового материала, значительно детализировалась и вместе с тем испытывала некоторые изменения. Эти изменения касаются молодых позднеплейстоценовых отложений, что вполне естественно, если учесть больший объем информации, полученной для верхних частей разреза четвертичных отложений, радиометрические данные, недоступные для исследователей 40–50-х годов. Наиболее существенные касаются возраста и масштаба самого молодого позднеплейстоценового оледенения и последней трансгрессии Полярного бассейна.

Как известно, В.Н. Сакс и его последователи – С.А. Стрелков, С.Л. Троицкий, С.А. Архипов и др. – до недавнего времени относили к последнему послекаргинскому оледенению ледниковые подвижки в горных областях, называя их норильской или сартанской стадией зырянского оледенения, а широко распространенные на междуречьях Северо-Сибирской низменности морены и краевые образования относили к докаргинскому зырянскому оледенению. Установление ледниковых отложений над датированными по C^{14} каргинскими отложениями в разрезах нижнего Енисея заставили пересмотреть вопрос о возрасте и масштабе последнего сартанского оледенения, значительно расширив границы его распространения (Троицкий, 1967; Архипов, 1967; Кинд и Крюков, 1968; Кинд, 1969). Этому оледенению соответствует максимальная гыданская стадия, а краевые формы караульской и норильской стадий рассматриваются теперь как стадии отступания сартанского ледника. С помощью радиоуглеродного метода было установлено также, что норильская стадия имеет позднесартанский возраст и отвечает салыпаусселькя или верхнему дриасу Европы (Кинд, 1969).

По сходному пути трансформировались взгляды на возраст последнего крупного оледенения в восточной части Северо-Сибирской низменности – Таймырской депрессии. На этой территории к зырянскому оледенению относились широко распространенные и прекрасно выраженные в рельефе системы краевых ледниковых образований, оставленных ледниками, спускавшимися как с юга – со стороны плато Путорано, так и с севера – с гор Быррранга. В последние годы благодаря съемочным работам экспедиции № 5 Объединения "Аэрогеология" и маршрутным исследованиям, проведенным сотрудниками ГИН АН СССР, появились новые геологические и радиометрические данные, позволившие пересмотреть вопрос о возрасте последнего оледенения. Было установлено, что связанные с ним морены и водно-ледниковые образования залегают на морских и континентальных отложениях каргинского возраста, датированных по C^{14} в большом числе разрезов и на широкой площади Северо-Сибирской низменности (Кинд и др., 1974)[1]. К аналогичным выводам о возрасте последнего оледенения пришел недавно и В.М. Макеев (1975), проводивший исследования на северо-востоке Таймырского полуострова.

Второй вопрос, связанный с "омоложением" последнего крупного оледенения, касается возраста развитых на севере Средней Сибири морских и континентальных отложений, залегающих под сартанской мореной и над более древним ледниковым комплексом. Эта вторая сверху морена и парагенетически связанные с ней флювиогляциальные отложения по прежней схеме считались самаровскими, согласно новым представлениям, они имеют зырянский возраст. Соответственно морские и озерно-аллювиальные межморенные отложения, относимые к "межледниковой толще" В.Н. Сакса (включавшей мессовский, санчуговский и казанцевский горизонты), в большинстве случаев рассматриваются теперь как каргинские. К собственно казанцевским или более древним членам "межледниковой толщи" относятся фрагментарно вскрытые в береговых обнажениях преимущественно песчаные аллювиальные и прибрежно-морские отложения, подстилающие зырянскую морену.

В связи с вопросом о существовании на севере Сибири следов каргинской трансгрессии необходимо вспомнить, что в стратиграфической схеме В.Н. Сакса (1953) морские отложения каргинского возраста занимали прочное место. Широкое развитие морской каргинской террасы отмечается им по берегам многих рек Приенисейского Севера и Таймыра (низовья Енисея, р. Пясина, р. Хатанга, оз. Таймыр и др.). Сами морские отложения, по описанию В.Н. Сакса, представлены очень изменчивым комплексом песков, супесей и глин, содержащих местами обильную фауну. Состав ее указывает на то, что каргинское море было достаточно глубоководным, но более холодным, чем казанцевское, и несколько более теп-

[1] Молодой сартанский возраст последнего оледенения подтверждается и удивительной свежестью связанных с ним форм рельефа.

лым, чем современное Карское море. Очень интересно замечание В.Н. Сакса о присутствии в средней части разреза морских отложений слоев, обогащенных обломочным материалом, включая отдельные валуны.

Позднее С.Л. Троицкий подверг ревизии данные В.Н. Сакса и пришел к заключению о более древнем, казанцевском возрасте описанных морских отложений (Троицкий, 1966).

Дальнейшее изучение разрезов в низовьях Енисея и C^{14} датирование отложений так называемой каргинской террасы заставили нас вернуться к взглядам В.Н. Сакса и вновь признать каргинскими морские отложения в их стратотипе у м. Каргинского (Кинд, 1967, 1969, 1974). Как уже говорилось, широкое распространение морских фаций в каргинских отложениях Таймырской депрессии также подтверждается новейшими исследованиями. Сейчас для них имеется уже несколько десятков C^{14} дат в самых различных участках этой территории.

Признание каргинской трансгрессии, равно как и последующего крупного оледенения на севере Средней Сибири, значительно изменяет прежние представления о палеогеографии этой территории в позднем плейстоцене. В настоящее время невозможно произвести достаточно детальные палеогеографические реконструкции. Они упираются, кроме того, в ряд трудностей более общего характера. Прежде всего необходимо сказать, что разновысотное положение древней береговой линии каргинского бассейна и сравнительно низкое положение в это время эвстатического уровня моря исключают возможность производить подобные реконструкции вне связи с вертикальными движениями суши. Отсюда вытекает вопрос о природе и размахе этих движений, их взаимосвязи с позднеплейстоценовыми оледенениями и трансгрессиями.

Вторая трудность заключается в своеобразии самих морских каргинских отложений – присутствии в них горизонтов, несущих следы участия льда при их формировании (несортированность материала, обогащенность обломками, деформированные линзы песка и т.д.). Истинная природа этих типичных для севера Сибири отложений еще не выяснена. Учитывая большую продолжительность каргинского межледниковья и довольно резкие колебания климата внутри него, можно предположить значительную ледовитость каргинского моря в наиболее холодные отрезки этого интервала. Не исключено также, что во время наиболее сильного позднекаргинского("конощельского") похолодания:около 33000–31000л.н. в море могли спускаться отдельные долинные ледники с прилегающих горных возвышенностей. На холодные условия, существовавшие в некоторые этапы распространения каргинской трансгрессии, указывает присутствие в соответствующих отложениях остатков арктической и аркто-бореальной фауны, а также холодолюбивых видов диатомовых водорослей.

К указанным трудностям прибавляются еще фациальная изменчивость морских осадков и частое замещение их континентальными отложениями, а также следы размывов внутри каргинской толщи.

Все это на совремнном уровне знаний ограничивает возможность восстановить полную картину развития морского бассейна и связанных с ним процессов осадконакопления. Но какова бы ни была в деталях эта картина, сам факт существования обширной каргинской трансгрессии представляется нам бесспорным. Исходя из этого факта, мы попытаемся кратко изложить некоторые соображения, касающиеся взаимосвязи каргинской трансгрессии с изостатическими и тектоническими движениями суши и изменениями уровня моря. Попутно будут освещены некоторые новые стратиграфические материалы, полученные нами по северному Таймыру.

ОБ ЭВСТАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ УРОВНЯ ОКЕАНА В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ПОЛОЖЕНИИ ЕГО В КАРГИНСКОЕ ВРЕМЯ

Накопленный за последние десятилетия обширный материал по древним береговым линиям океанических побережий позволяет воссоздать примерную картину эвстатических колебаний уровня моря в антропогене вне зависимости от последующих движений суши[1]. Особенно детально эта картина расшифрована для позднего плейстоцена и голоцена, где она обоснована большим числом радиометрических данных.

Ранее нами была составлена обобщающая кривая позднечетвертичных изменений уровня моря на основании обширного литературного материала по побережьям Мирового Океана (Кинд, 1967, 1974, рис. 57, 58; см. также Dreimanis, Karrow, 1972; Dreimanis, Rankas, 1973). Данные позднейших исследований в целом согласовываются с приведенными значениями амплитуды колебания уровня моря в различные холодные и теплые отрезки позднего плейстоцена. Исключение составляет интерпретация средневюрмского (средневисконсинского, каргинского) уровня, вопрос о котором продолжает дискутироваться. При этом дискуссия разворачивается не столько вокруг самого факта поднятия уровня моря в это время – он признается почти всеми исследователями, – сколько вокруг амплитуды этого поднятия. Толчком к обсуждению этого вопроса послужило появление новой C^{14} даты по раковинам из бутлеггерских глин на Аляске: 13690 ± 400 л.н. (W–2151) (Sullivan et al., 1970), которые поставили под сомнение прежнюю оценку возраста ворончовской трансгрессии в ее стратотипе (48000 – 33000 л.н.). Несмотря на это, исследователи Аляски не отрицают сам факт повышения уровня моря во время межледниковья кник–нептаун (эквивалента каргинского межледниковья Сибири) и указывают на необходимость установления нового стратотипа (Hopkins, 1972; Schmoll et al., 1972; Hevly, Karlstrom, 1974).

[1] Имеется в виду суммарный эффект гляциоэвстатических и гидроизостатических изменений уровня, разделение которых при современном состоянии наших знаний не представляется возможным.

Наиболее подробно вопрос о средневюрмском эвстатическом поднятии уровня Океана рассматривается Мернером, который произвел ревизию многих C^{14} дат, полученных по древним береговым линиям, и подверг сомнению их достоверность (Mörner, 1971). Исходя из гляциологических данных, он полагает, что уровень моря в это время должен был располагаться на –40, –50 м ниже современного или на –15 м, если не учитывать гидроизостатического эффекта (Mörner, 1971, fig. 4; 1973, fig. 1; 1974, fig. 1).

На положение средневисконсинского уровня в пределах первых десятков метров ниже современного указывает и Дрейманис (Dreimanis, Raukas, 1973), а также другие исследователи, использующие новые данные по самым различным частям света: Новой Гвинее (Bloom et al., 1973); Японии (Kuwano, 1973), Аляски (Hopkins, 1972), Сенегала (Martin, Testet, 1972), Эфиопии (Hoang et al., 1974) и др.

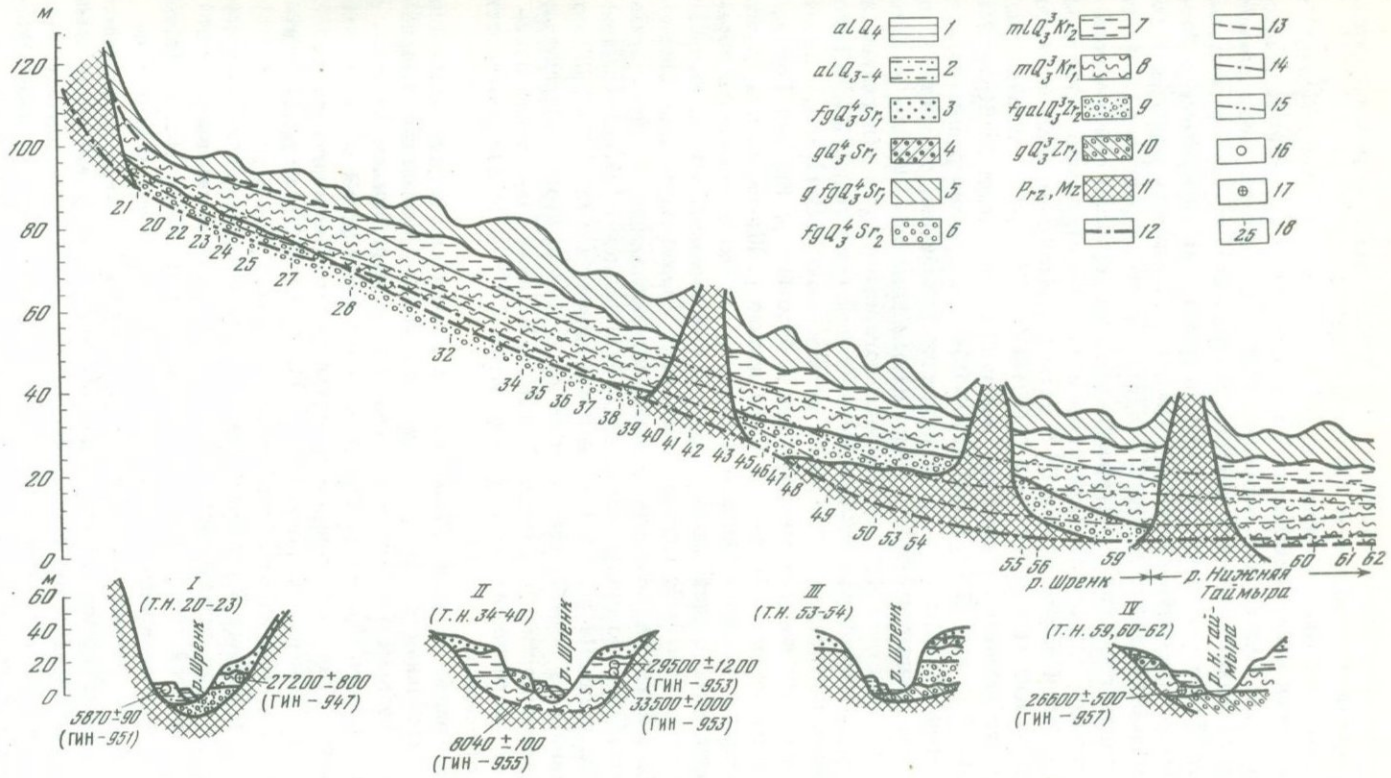
С учетом значительного распространения в среднем вюрме–висконсине ледников Лаврентийского щита и его удельного веса в мировом балансе лед – океан (56% по Флинту) подобная оценка эвстатического уровня (около –40 м) представляется нам вполне правдоподобной вне зависимости от того, к какому рангу относить этот интервал – к межледниковью или межстадиалу.

МОРСКИЕ КАРГИНСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ НА ВОСТОЧНОМ ТАЙМЫРЕ

Морские отложения каргинского возраста в пределах Таймырской депрессии залегают, как правило, на отметках 30–40 м, повышаясь в сторону горных возвышенностей до 50–60 м. Значительно большее различие высот можно наблюдать в северных районах, прилегающих к горам Бырранга. Так, в бассейне р. Нижняя Таймыра

Рис. 1. Схема залегания четвертичных отложений по долинам рек Шренк и Нижняя Таймыра и поперечные разрезы (I–IV)

1 – аллювиальные отложения поймы; 2 – аллювиальные отложения I надпойменной террасы; 3 – сартанские флювиогляциальные отложения; 4 – сартанская морена; 5 – нерасчлененные сартанские ледниковые и флювиогляциальные отложения; 6 – позднесартанские флювиогляциальные отложения на поверхности II надпойменной террасы; 7 – каргинские лагунно–озерные отложения; 8 – каргинские морские отложения; 9 – позднезырянские флювиогляциальные и аллювиальные отложения; 10 – зырянская морена; 11 – коренные породы протерозоя и мезозоя; 12 – урез рек Шренк и Нижняя Таймыра; 13 – уровень поймы; 14 – уровень I надпойменной террасы; 15 – уровень II надпойменной террасы; 16 – место отбора растительного детрита; 17 – место отбора раковин; 18 – номера точек наблюдений (т.н.)


м
120
100
80
60
40
20
0
alQ4 1
alQ3-4 2
fgQ3 4Sr1 3
gQ3 4Sr1 4
g fgQ3 4Sr1 5
fgQ3 4Sr2 6
mlQ3 3Kr2 7
mQ3 3Kr1 8
fgalQ3 3Zr2 9
gQ3 3Zr1 10
PrZ, MZ 11
12
13
14
15
16
17
25 18
21 20 22 23 24 25 27 26 32 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 45 46 47 48 49 50 53 54 55 56 59 60 61 62
р. Шренк
р. Нижняя Таймыра
I (Т.Н. 20-23)
р. Шренк
5870±90 (ГИН-951)
27200±800 (ГИН-947)
II (Т.Н. 34-40)
р. Шренк
29500±1200 (ГИН-953)
33500±1000 (ГИН-953)
8040±100 (ГИН-955)
III (Т.Н. 53-54)
р. Шренк
IV (Т.Н. 59, 60-62)
р. Н. Таймыра
26600±500 (ГИН-957)

и по долине ее правого притока – р. Шренк – высота кровли морских отложений изменяется от 30 до 90–100 м.

Сами морские отложения залегают здесь с ровной границей на ледниковых, флювиогляциальных и аллювиальных отложениях предположительно зырянского возраста. Они представлены внизу алевритами с банками морских раковин арктических и арктобореальных видов. Выше они сменяются сильно песчаными алевритами с беспорядочно рассеянными в них галькой и обломками местных пород (ледово-морские? отложения). Еще выше по разрезу они постепенно становятся более сортированными, приобретают четкую горизонтальную слоистость (лагунные и озерные отложения). Из нижней части толщи получены две C^{14} даты по раковинам *Hiatella arctica*: 26600±500 (ГИН-957) и 27200±800 (ГИН-947), и две даты по растительному детриту из верхней части толщи: 29500±1200 (ГИН-953) и 33500±1000 (ГИН-954). С учетом возможного замоложения первых двух, полученных по раковинам, результаты однозначно свидетельствуют о каргинском возрасте морских и лагунно-озерных отложений. Это хорошо согласуется и с залеганием их под ледниковыми озерно-ледниковыми и флювиогляциальными отложениями последнего оледенения, оставившего свежие следы своей деятельности на всех междуречьях в бассейне р. Нижняя Таймыра и в предгорьях г. Бырранга. Сама долина р. Шренк начала формироваться в позднесартанское время, что нашло отражение в образовании двух надпойменных террас и современной поймы. Верхняя из этих террас либо скульптурная, либо сложена грубыми флювиогляциальными галечниками. Нижняя терраса аккумулятивная и имеет нормальное строение. Пойменные осадки ее имеют среднеголоценовый возраст. На рис. 1 в грубосхематичном виде изображено соотношение всех перечисленных толщ по долине р. Шренк и прилегающей части долины р. Нижняя Таймыра, а также несколько поперечных разрезов, на которых приведены C^{14} даты для соответствующих отложений.

Как видно из этой схемы, высота кровли каргинских отложений, зафиксированная лагунно-озерными осадками, изменяется примерно от 20 м в низовьях р. Шренк и прилегающей части р. Нижняя Таймыра до 90 м в месте выхода р. Шренк из гор вблизи устья р. Посадочная. В самих горах Бырранга, на междуречье рек Ленивая Торея и Верхняя Таймыра, по данным В.Н. Сакса (1953), морские отложения залегают на отметках свыше 200 м.

Такая разница в современном положении береговой линии каргинского моря свидетельствует о значительных и неравномерных поднятиях этой территории в послекаргинское время. Низкое положение эвстатического уровня моря в каргинский век еще больше увеличивает размах этих движений. С другой стороны, возникновение трансгрессии при столь низком положении уровня моря предполагает значительное прогибание суши в предкаргинское время. Исходя из общих соображений, это прогибание следует связывать с гляциоизостатическим опусканием территории под давлением ледни-

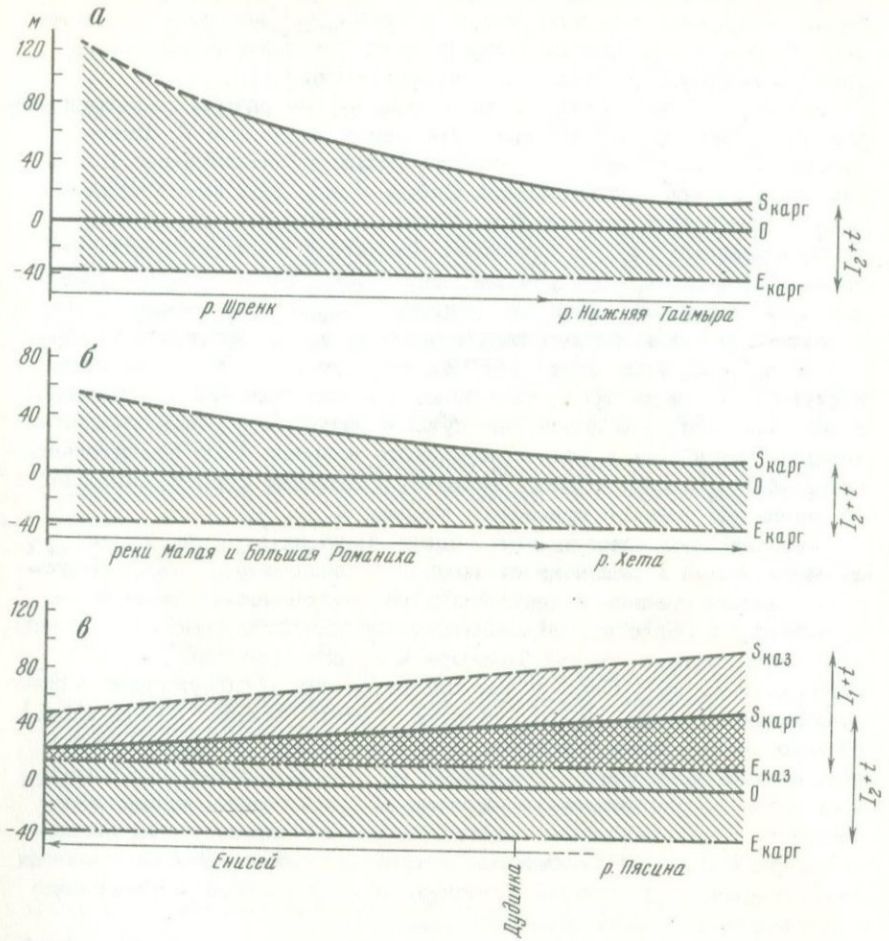


Рис. 2. Кривые положения древних береговых линий

а – по долинам рек Шренк и Нижняя Таймыра; б – по долинам рек Малая и Большая Романиха и р. Хета; в – в низовьях р. Енисея и на западном Таймыре. $S_{каз}$ – береговая линия казанцевского моря; $S_{карг}$ – то же каргинского моря; $E_{каз}$ – эвстатический уровень моря в казанцевское время; $E_{карг}$ – то же в каргинское время; $I_1 + t$ – амплитуда послеказанцевского изостатического и тектонического поднятия суши; $I_2 + t$ – то же послекаргинского поднятия

ковой нагрузки в период зырянского оледенения, масштаб которого был достаточно велик. Оледенение имело покровный характер и распространялось на всю Северо-Сибирскую низменность, в южной части которой, по всей вероятности, происходило слияние ледников, спускавшихся с гор Бырранга и с плато Путорано.

Можно предположить, что проникновение моря началось вскоре после отступания ледников, когда прогиб суши еще не успел компенсироваться последующим гляциоизостатическим поднятием, а уровень моря уже поднялся достаточно высоко.

На рис. 2 изображены кривые, отражающие размах послекаргинских поднятий территории, зафиксированные по долине р. Шренк (рис. 2,а) и по долинам рек Малая и Большая Романиха (рис. 2,б), а также на севере Приенисейской Сибири (рис. 2,в) по материалам исследований прошлых лет (см. Кинд, 1974). На этих схемах заштрихованные участки отражают амплитуду поднятия береговой линии каргинского моря. На рис. 2,в, кроме того, показана подобная кривая для казанцевской трансгрессии. Следует указать, что присутствие под морскими каргинскими осадками флювиогляциальных и аллювиальных отложений свидетельствует о том, что море наступало на территорию, уже полностью освобожденную ото льда. А это означает, что положение суши в результате гляциоизостатического прогибания в конце зырянского времени было значительно ниже –40 м и что истинная амплитуда поднятия суши превышала те значения, которые приведены на рис. 2.

Что касается природы этих поднятий, то их вряд ли можно сводить только к гляциоизостатическим движениям. На них, безусловно, накладывались и неравномерные тектонические движения в возвышенных областях, обрамляющих Средне-Сибирскую низменность, и в особенности в горном Таймыре и на его побережье, на что указывал еще В.Н. Сакс и что подтвердилось последующими исследованиями (Дибнер, 1970; Говоруха, 1968; Макеев, 1975, и др.). Рассмотренные нами изменения высоты древних береговых линий каргинского и казанцевского морей не могут, разумеется, решить этот вопрос, поскольку их современное положение определяется результирующим влиянием нескольких циклов вертикальных движений коры при смене ледниковых и межледниковых условий, включая изостатическое прогибание в последнее – сартанское – оледенение и последующее послеледниковое поднятие.

Все это свидетельствует об очень сложной палеогеографической истории рассматриваемой территории в позднем плейстоцене, на которую существенное влияние оказывали неоднократно сменившие свой знак вертикальные движения суши значительной амплитуды. Истинная природа этих движений – соотношение изостатического и тектонического факторов – еще неясна.

ABSTRACT

Recent geological and radiometrical data enabled to determine the age of the last extensive glaciation in the north of Middle Siberia, the Taimir peninsula in particular, as the Sartanian. The age of the preceding transgression is considered at present as the Karginsky. The different present-day height of the shoreline of the Karginsky basin (up to 100 m and higher

in mountain areas) and the low eustatic level of the sea of this time (about –40m) testify to a complicated history of the post–Karginsky vertical movements of land of considerable amplitude. The true nature of these movements, i. e. the relationship between the tectonic and glacio–isostatic factors remains still obscure.

ЛИТЕРАТУРА

Архипов С.А. Некоторые вопросы стратиграфии четвертичной геологии Западно–Сибирской низменности в связи с ее геологической историей. – В кн.: "Материалы к обоснованию стратиграфической схемы четвертичных отложений Западной Сибири". Новосибирск, "Наука", 1967.

Говоруха Л.Н. Новые данные по палеогеографии позднего плейстоцена и голоцена Северной Земли. – Докл АН СССР, 1968, т. 182, № 5.

Дибнер В.Д. Эпиконтинентальная зона, шельф и береговая линия (на примере Баренцово – Карского шельфа). – Изв. Всес. геогр. об–ва, 1970, т. 102, вып. 4.

Кинд Н.В. Врезы и осадконакопление в долине Енисея (абсолютная хронология событий по C^{14}). – Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода АН СССР, 1967, № 34.

Кинд Н.В. Синхронизация геологических событий и колебаний климата в верхнем антропогене. – В кн.: "Основные проблемы геологии антропогена Северной Евразии". М., "Наука", 1969.

Кинд Н.В. Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. Труды ГИН АН СССР, вып. 257, 1974.

Кинд Н.В., Крюков В.Д. О стратиграфическом положении вальковской свиты в Норильском районе по данным абсолютной хронологии. – В кн.: "Материалы конференции по геологии Норильского района. Тезисы докладов". Норильск, 1968.

Кинд Н.В., Сулержицкий Л.Д., Форова В.С. и др. О возрасте оледенений Таймырской депрессии. Первые радиоуглеродные даты. – Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода, 1974, № 42.

Макеев В.М. Геоморфология северо–восточного Таймыра. – Автореф. канд. дисс. ЛГУ, 1975.

Сакс В.Н. Четвертичный период в Советской Арктике. Труды НИИГА, т. 77, 1953.

Троицкий С.Л. Четвертичные отложения и рельеф равнинных побережий Енисейского залива и прилегающих частей гор Бырранга. М., "Наука", 1966.

Троицкий С.Л. Новые данные о последнем покровном оледенении Сибири. – Докл. АН СССР, 1967, т. 174, № 6.

Bloom A.L., Broecker W.S., Chappell J.M.A. a. oth. Quaternary sea–level fluctuations on a tectonic Coast: new Th^{230}/U^{234} dates from the Huon Penisula, New Guinea. 9th INQUA Congr., Abstrs. Christhurch, New Zealand 1973, p. 29.

Dreimanis A., Karrow P.W. Glacial history of the Great Lakes – St. Lawrence Region, the classification of the Wiskonsin stage and its correlatives. – 24th IGC, 1972, Section 12.

Dreimanis A., Raukas A. The Middle Wisconsin, Middle Weichselian and their equivalents represent an Interglacial or an Interstadial complex in Northern Hemisphere? 9th INQUA Congress, Abstrs. Christhurch, N 7, 1973.

Hevly R.H., Karlstrom T.N.V. Southwest paleoclimate and continental correlations. Geology of Northern Arizona. Part I – Regional Studies, 1974.

Hoang C.T., Lalou C., Faure H. Les récifs soulevs à l'ouest du golfe d'Aden (TEA-I) et les hots niveaux de cauraux de la depression de l'Afar (Ephiopie), géochronologie et paléoclimats interglaciaires. – Colloque internat. CNRS – N 219. Les méthods quantitatives d'étude des variations du climat au cours du Pléistocène, 1974.
Hopkins D.M. The paleogeography and climatic history of Beringia during Late Cenozoic time. – Internat. J. Arctic and Nordic Studies, 1972, N 12.
Kuwano Jukio. Buried topography in the Nagoya harbour area and its bearing of the Late Quaternary stratigraphy and eustatic change. – 9th INQUA Congr. Abstrs. Christchurch, N.Z., 1973, N 7, p. 195.
Martin L., Tastet J.P. Le quaternaire du littoral et du plateau continental de cote d'Yvoire. Rôle de mouvements tectoniques et eustatiques. Assoc. senegal. Etudes Quartern. Ouest Afr. Bull. Liaison, Sénégal, 1972, N 33–34.
Mörner N.A. The position of the ocean level during the interstadial at about 30000 B.P. – A discussion from a climatic – glaciologic point of view. – Canad. J. Earth. Sci., 1971, 8, 132, p. 132–142.
Mörner N.A. Climatic fluctuations and inter–regional correlations. 9th Congr. INQUA, Abstrs, Christchurch.N.Z., 1973, p. 254.
Mörner N.A. Sealevel variations and climatic fluctuations. Colloque internat. CNRS, N 219. Les methodes quantitives l'étude des variations du climat au cours du Pléistocène, 1974.
Schmoll H.R., Szabo B.Y., Rubin M., Dobrovolny E. Radiometric dating of marine shells from the Bootlegger Cove clay, Anchorage area, Alaska. Bull. Geol. Soc. America, v. 83, N 4, 1972, p. 1107–1114.
Sullivan B.M., Spiker E., Rubin M. Us Geological Survey radiocarbon dates XI. Radiocarbon, 1970, N 12 (1), p. 319–334.

Н. Н. КОСТЕНКО

ПОЗДНЕКАЙНОЗОЙСКАЯ ИСТОРИЯ КАЗАХСТАНА

Территория Казахстана, простирающаяся от Каспийского моря до границ с КНР, имеет весьма сложное устройство поверхности. С юга и востока ее обрамляют горные системы Тянь-Шаня, Джунгарии, Тарбагатая-Саура и Алтая с высочайшими пиками района г. Хантенгри, превышающими 6000–7000 м, а на западе расположены обширные низменности и глубочайшая впадина Карагие, днище которой на 132 м ниже уровня Мирового Океана.

Вслед за герцинскими дислокациями, проявившимися на границе мезозойской эры, территория Казахстана перешла к платформенному развитию. Лишь на северо-западе страны продолжалось формирование Прикаспийской гипосинеклизы допалеозойского заложения. К плиоцену на эпигерцинской гетерогенной платформе уже сформировались основные новейшие геоструктуры. К юго-востоку от Прикаспийской гипосинеклизы располагалась погруженная часть платформы – Туранская плита, усложненная Центрально-Кызылкумским поднятием. На севере к ней примыкал субмеридионально вытянутый Тургайский прогиб, разделяющий Урало-Мугоджарское поднятие и Централь-

но-Казахстанский щит. К северу от последнего располагалась Западно-Сибирская плита. На юге и востоке шло формирование эпиплатформенного орогенного пояса.

Особенно интенсивные палеогеографические изменения претерпевает страна примерно с середины плиоцена (по принятой в СССР стратификации). Характерная особенность геологической истории последних 5-6 млн. лет - ярко выраженное убыстрение темпа геотектогенеза, изменения климата, териофауны, окончательное становление широтной и вертикальной зональности растительности и флоры, а затем появление палеолитического человека.

К середине плиоцена эпейрогенические поднятия западной части Казахстана сменились опусканиями, повлекшими за собой аккумуляцию терригенного материала в речных долинах не только Северного Прикаспия - Пра-Волги, Пра-Урала и др., но и врезанных в мезозойско-кайнозойские отложения Тургая, территории нынешнего Арала, Узбоя. Базисом, видимо, являлся бассейн, занимавший южную часть Каспийской котловины. В позднем плиоцене происходит прерывистая трансгрессия акчагыл-апшеронского моря.

Для стратиграфического расчленения позднекайнозойских континентальных отложений важное значение имеет ископаемая териофауна. До среднего плиоцена на территории Казахстана обитали животные гиппарионового комплекса, представители которого находятся от Прииртышья до Тянь-Шаня. В состав его входили различные виды гиппарионов, жирафы, антилопы, носороги, мастодонты, многочисленны были грызуны. Эта фауна была свойственна открытым степям и полуоткрытым, саванным ландшафтам, теплому климату с периодическими засухами. Отлагались преимущественно красноцветные монтмориллонитовые глины, нередко гипсоносные, с прослоями щебней, гравийников, песков.

В течение среднего и позднего плиоцена на территории Казахстана последовательно сменяются три фаунистических комплекса. В это время вымирают последние гиппарионы, жирафы, мастодонты, а на смену им приходят однопалые лошади, слоны; появляются верблюды. В среднеплиоценовый есекартканский комплекс (Аубекерова, 1974) входят: *Hipparion houfenense, Anancus kazachstanensis* sp. nov., *Dicerorhinus orientalis, Gigantocamelus longipes* sp. nov., *Cervavitus flerovi* sp. nov., *Sinomegaceros* sp., *Palaeotragus* sp., *Samotherium* sp., *Gazella sinensis, G.* ex gr. *dorcadoides, Antilospira* sp., *Castor fiber* и др.

Наиболее распространенными представителями более молодого, илийского комплекса являются: *Anancus arvernensis, A. sinensis, Archidiskodon gromovi, Equus stenonis, E. sanmeniensis, Paracamelus praebactrianus, P. gigas, Trogontherium cuvieri, Tr. minus,* ряд видов мимомисов и др.

Позднеплиоценовая, хоргосская фауна включает: *Archidiskodon meridionalis, Allohippus* ex gr. *robustus,* многочисленных представителей отряда грызунов, а также последнего страуса.

Отложения с фауной последних двух комплексов выделены в унифицированные горизонты, соответственно илийский и хоргосский

(утверждены постановлением МСК СССР от 30 I. 1970 г.). В то же время представители илийской и хоргосской фауны установлены в отложениях акчагыла и апшерона Азербайджана. Это дает основание для параллелизации морских и континентальных отложений. В позднем плиоцене море не только покрывает Прикаспийскую низменность, но и далеко ингрессирует в речные долины, через район Узбоя оно проникает в Кызылкумы и Восточное Приаралье. Колебания земной коры вызывают кратковременные регрессии, благодаря чему в отложениях акчагыла и апшерона выделяется по три подгоризонта. Суммарная мощность в Северном Прикаспии 470–980 м, однако в некоторых прогибах (100 км северо-западнее Гурьева) мощность по данным сейсморазведки достигает 3500 м (Журавлев, 1960).

Отложения Кызылкумского водоема с комплексом остракод, характерных для акчагыла, и с *Avimactra subcaspia, A.karabugasica* подразделяются на свиты: кассантаускую, кушкантаускую, денгизскую, саятскую, заирскую – общей мощностью до 200 м (Алферов и др., 1971). В районе Сарыкамыша и Узбоя отлагаются глины с *Cardium dombra* мощностью 25 м. К апшеронскому веку относят свиты садыварскую, ташакырскую с *Adacna plicata, A. ex gr. praelaeviscula.* Отложения этого возраста известны в районе Узбоя, на о-ве Лазарева.

В Восточном Приаралье отложения акчагыла, выделенные в шахшахскую свиту (Костенко, 1964), встречаются до меридиана 66° в.д. и на абсолютной отметке до 180 м. Содержат типичные остракоды и фораминиферы: *Streblus conquisita, Nonion* cf. *rotundatus.* К апшеронскому веку отнесена пролювиальная кокурюмская свита песков, галечников до 12–20 м, содержащая скорлупу яиц страуса.

На междуречьях рек Тобол, Убоган, Ишим илийский горизонт представлен аллювиальными, реже пролювиальными и озерно-аллювиальными фациями мощностью до 27 м. Они описаны под названием кустанайской свиты (Сигов, 1954; Бобоедова, Мадерни, 1967), а также битекейских слоев или свиты (Лавров, 1959; Шанцер и др., 1963; Зинова и др., 1971). На разных участках встречены *Anancus arvernensis, Paracamelus praebactrianus, Equus stenonis,* грызуны и другие представители илийского комплекса, а также моллюски левантинского типа.

В конце плиоцена широко распространились озерные и аллювиально-озерные глины, суглинки, выделяемые в жуншуликскую свиту (Бобоедова и др.). В основании встречены остатки – *Archidiskodon meridionalis,* а в верхах – *Archidiskodon wüsti, Elasmotherium sibiricum.* Следовательно, аккумуляция продолжалась и в раннем плейстоцене. Аналогичные условия существовали в Тенгизской впадине, где найдены подобные органические остатки мощностью до 70 м.

В пределах Центрально-Казахстанского щита в позднем плиоцене господствовали эрозионно-денудационные процессы. К северу от него, на Прииртышской равнине, блуждали потоки, образуя обширные разливы и озера. Отлагались глины, пески, супеси кочковской сви-

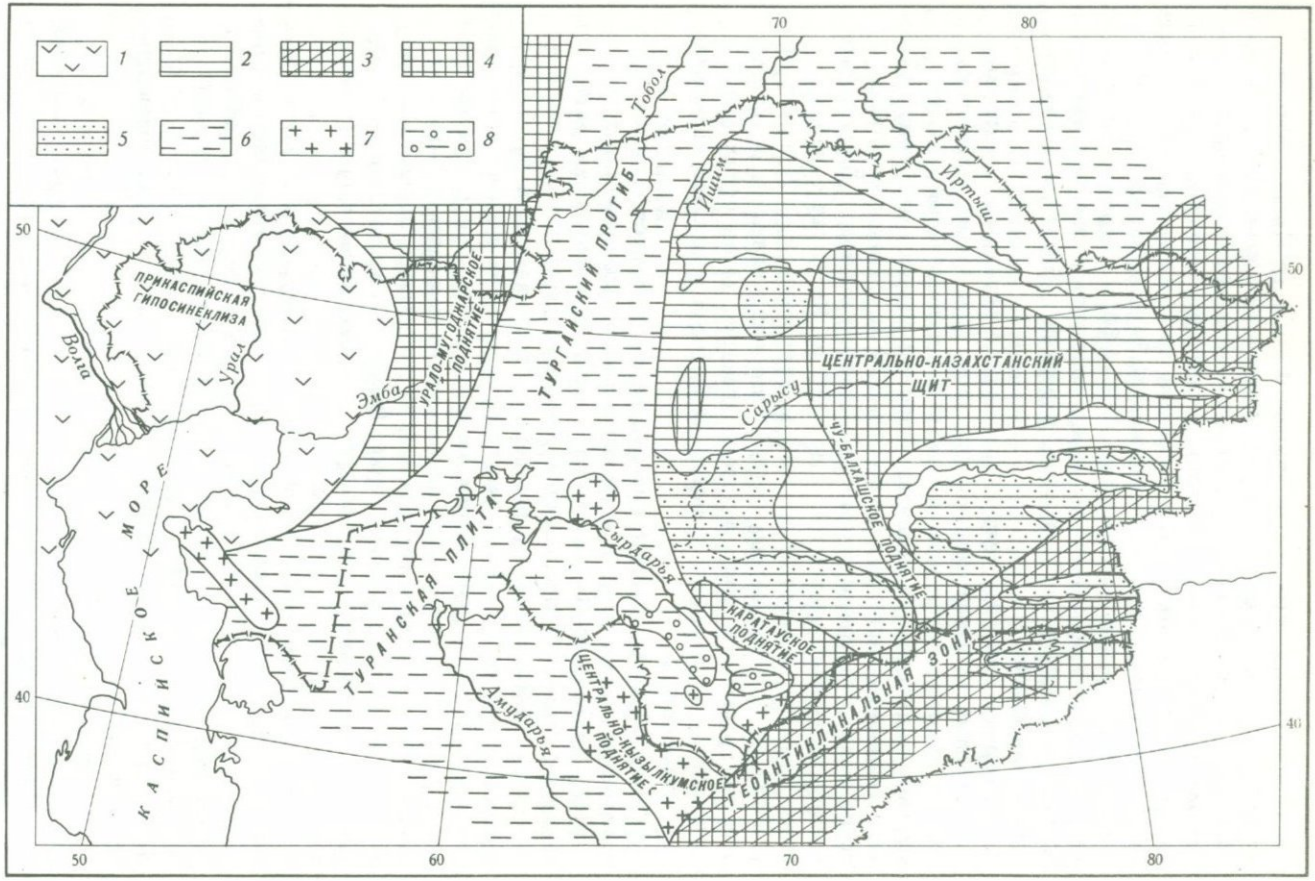
ты (Мартынов, 1966) мощностью до 120 м (в Предалтайском прогибе). Встречаются остатки млекопитающих илийского и хоргосского горизонтов. К югу от Центрально-Казахстанского щита аллювиально-озерные и озерные фации с илийским комплексом остракод распространены в Южном Прибалхашье, на территории песков Муюнкум и Бетпакдалы, где они выделены К.В. Никифоровой (1960) в кеншагырскую свиту мощностью 100-160 м. Хоргосский горизонт мощностью до 20-30 м, представленный песками, гравийниками со скорлупой яиц страуса, известен в Бетпакдале как кокурюмская свита.

В позднем плиоцене озера были широко развиты в предгорных и межгорных впадинах орогенного пояса. К озерным отложениям обычно примешивается аллювиальный и пролювиальный материал, местами - делювий. В пределах Илийской впадины отложения илийского горизонта достигают мощности 800 м. Мощность хоргосского горизонта, представленного у южного подножья Джунгарского Алатау валунно-галечниками, - до 600 м. На Алтае отложения этого времени мощностью до 200 м выделены И.С. Чумаковым (1965) во вторушкинскую свиту. Содержат моллюски, остракоды, остатки грызунов и крупных млекопитающих, характерных для илийского и хоргосского времени. В будущем возможно выделение двух горизонтов.

Таким образом, поздний плиоцен характеризуется морской трансгрессией на западе страны и широким распространением озер по периферии Центрально-Казахстанского щита. В конце эпохи резко усиливаются орогенные процессы: в районе г. Хантенгри высота гор превышает 3000-4000 м; вершины их покрываются вечными снежниками и ледниками. На остальной территории, судя по ископаемым животным и палеоботаническим данным, климат был умеренно влажным и теплым. Смешанные и широколиственные леса горных зон сменялись на равнинах подлесками, кустарниками, полуоткрытыми и открытыми степями междуречий. Вдоль рек вытягивались тугайные леса, по берегам озер распространялась богатая прибрежно-водная растительность.

В раннем плейстоцене сформировался кошкурганский фаунистический комплекс, сопоставимый с тираспольским, представители которого обнаружены в бакинских отложениях Азербайджана. В составе комплекса: *Palaeoloxodon antiquus, Archidiskodon wüsti, Equus sessenbornensis, E.* cf. *mosbackensis, Dicerorhinus* cf. *etruscus, D. mercki, Elasmotherium sibiricum, Alces · latifrons, Soergelia* sp., ряд видов грызунов и др.

В среднечетвертичное время обитали животные прииртышского или хазарского комплекса, включая таких типичных представителей, как *Mammuthus trogontherii, Palaeoloxodon antiquus, Bison priscus longicornis,* ранняя форма мамонта, различные грызуны и др. В позднем плейстоцене - животные мамонтового или верхнепалеолитического комплекса, широко распространенные на территории СССР.


1
2
3
4
5
6
7
8
70
80
50
40
60
Тобол
Ишим
Иртыш
ПРИКАСПИЙСКАЯ ГИПОСИНЕКЛИЗА
Волга
Урал
Эмба
УРАЛЬСКО-МУГОДЖАРСКОЕ ПОДНЯТИЕ
ТУРГАЙСКИЙ ПРОГИБ
ЦЕНТРАЛЬНО-КАЗАХСТАНСКИЙ ЩИТ
Сарысу
ЧУ-БАЛХАШСКОЕ ПОДНЯТИЕ
КАСПИЙСКОЕ МОРЕ
ТУРАНСКАЯ ПЛИТА
Сырдарья
КАРАТАУСКОЕ ПОДНЯТИЕ
ГЕОАНТИКЛИНАЛЬНАЯ ЗОНА
Амударья
ЦЕНТРАЛЬНО-КЫЗЫЛКУМСКОЕ ПОДНЯТИЕ

В течение плейстоцена на западе Казахстана происходит ряд трансгрессий Пра-Каспия, известных под названием бакинской, хазарской, хвальнской, новокаспийской. Судя по данным палинологических анализов Т.А. Абрамовой (1973), эти трансгрессии развивались в условиях плювиальных эпох, которые чередовались с аридными.

Плейстоценовый разрез многих районов Казахстана начинают грубообломочные отложения с карбонатным цементом ("верхнегобийский конгломерат"), местами налегающие с угловым несогласием (койбынская фаза) на верхнеплиоценовые. Отлагались они в условиях климата умеренно-теплого, засушливого. В подобных конгломератах хр. Каратау встречаются каменные орудия шелль-ашельской эпохи. Затем климат становится более холодным и влажным, в горных цепях юга и востока Казахстана усиливаются ледниковые процессы, у подножий гор и в межгорных впадинах отлагаются валунно-галечники, сменяемые в верх по разрезу лёссовыми породами - порождением климата сухого, холодного.

Существенные изменения происходят в начале среднечетвертичного времени. Проявляется бакинская тектоническая фаза. Отложения Тургайского озера прорезают водные потоки, текущие на юг. На Алтае пропиливается водораздел Бахтарма-Иртыш и Нарым, оз. Пра-Зайсан становится проточным. Исчезает Илийское озеро, воды которого через Капчагайский прорыв стекают в Прибалхашье. Освобождаются из-под вод озера пески Муюнкум. В условиях влажного климата у подножий гор формируются валунно-галечные конусы выноса. В горах усиливается ледниковая деятельность. Ко второй половине среднего плейстоцена климат становится аридным, у подножий гор накапливаются лёссовые толщи. В них местами встречаются каменные орудия позднего мустье (хр. Каратау). Интенсивно перевеваются пески Кызылкумов, Муюнкумов, Прибалхашья и др.

Орогенные процессы интенсифицируются вновь на границе позднего плейстоцена (Джунгарская фаза). Возникает Тургай-Убоганский водораздел, прекращается сток вод на юг. Воды Амударьи уже не текут в Каспий через Низменные Каракумы; вырабатывается в Кызылкумах современное русло; образуется Аральское море. Формируется долина Иртыша ниже Семипалатинска. В высокогорьях опять усиливается ледниковая деятельность, вырабатываются троги с хорошо сохранившимися в них моренами (встречается до трех конечных морен). У подножий гор образуются валунно-галечные конусы выноса, вложенные в размытые среднечетвертичные. Во второй поло-

---

Схема главнейших альпийских структур Казахстана

1 - гипосинеклиза длительного развития; 2 - платформа; 3 - геоантиклинальная зона активизировавшейся платформы; 4 - тектонические поднятия на платформе; 5 - тектонические впадины на платформе; 6 - плита; 7 - тектонические поднятия на плите; 8 - тектонические впадины на плите

вине эпохи климат вновь становится аридным, накапливаются лёссовые породы. Продолжается перевевание песчаных массивов. Балхаш приобретает современные очертания.

В голоцене в орогенном поясе продолжаются сейсмотектонические процессы, возникают обвальные озера. Местами поднятия достигают 10–12,5 мм в год (Финько, 1973). Сокращается горное оледенение. Наблюдаются колебания уровней озер, формируются пойменные террассы, на пустынных равнинах – такыры и солончаки.

ABSTRACT

By the Pliocene the main geological structures had been formed over the Epi–hercynian platform. The Turan plate complicated by the Central Kizilkum uplift occurs to the south–east of the Caspian hyposyneclise with the adjacent Turgay trough separating the Ural–Mugodjar uplift from the Central Kazakhstan shield. The west Siberian plate lays to the north, the orogenic belt – to the south and east.

In the Late Pliocene there occured intermittent transgressions of the Akchagyl–Apsheron sea covering the Caspian Lowland, when the sea violated Kizilkum and eastern Aral areas. Three fauna complexes varied. Hipparions, Giraffidae, Camelidae appeared; the Esekartkan complex has been formed. The younger Ili complex includes Anancus arvernensis, Archidiskodon gromovi, Equus stenonis, the Khorgos fauna – Archidiskodon meridionalis, Allophippus ex gr. robustus; rodents, Struthio.

The unified horizons – Ili and Khorgos, have been distinguished. The Ili and Khorgos fauna representatives were recorded in Akchagylian and Apsheronian, Axerbaidjan, giving the grounds for paralelization of marine and continental deposits.

In Tobol–Ishim interfluve the Ili horizon is composed of alluvial, proluvial facies (Kustanay suite, Bitekey beds). At the latest Pliocene – yearliest Pleistocene the lacustrian facies prevailed (Junshulic suite). The erosional – denudation actions dominated in Central Kazakhstan shield. Flows strayed over the Irtysh lowland giving rise to lakes; the Kochkov suite deposited. To the south of the shield the aluvial–lacustrian and lacustrian facies spreading in the southern Balkhash, Muiunkum and Betpakdala areas (Kenshagyr suite). The Khorgos horizon is proluvial (Kokurium suite). The greatest thickness is in intermountain areas: Ili horizon 800 m., Khorgos (locally boulder– and pebbles) upto 600 m., Altay – Vtorushin suite –200 m. Highlands were covered with firns and glaciers. At the rest territory the climate was moderately warm.

In western Kazakhstan the pro–Caspian transgressions: Bakinian, Khasar, Khvalynian, Novocaspian affected Pleistocene. They intensive mountain uplift continued at which the glaciation either increased or reduced. In the Early Pleistocene the Koshkurgan faunal complex comparable with the Tiraspolian one originated; its representatives are known in Bakinian deposits of Azerbaidjan. The Irtysh, Khasar animals and those of

mammoth and upper paleolithic complexes inhabited the Middle and Late Quaternary respectively. The " Upper Gobian Conglomerate frequently begins with the Pleistocene sequence, which contains the Chellean–Acheulian tools in the Karatau Ridge. Boulder–pebbles overlain by loesses were deposited at the mountain foot in the Middle Quaternary. Turgay lake deposits are cut by streams running southward. In Altay the Bukhtarma–Irtysh and Narym watersheds were cut through; pro–Zaisan lake turned circulating. The Ili lake waters invaded the Balkhash area. The boulder–pebble debris cones were formed at the mountain foot; loessial strara accumulated. Locally the latter yield the Late Monsterian tools (Karatau Ridge).

The Turgay–Ubogan watershed appeared in the Late Pleistocene. Amu–Darya river started its present bed; the Aral sea originated. Debris cones embedded in Quaternary deposits were formed; loessial strata accumulated. The sand mases were reblown. In the Holocene the seismotectonic activity continued in the orogenic belt. Locally the uplifts gained 10–12,5 mm per year. The moutain glaciation reduced against the Late Pliocene glaciation.

А. П. КУЛАКОВ

ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ ОКЕАНА И РЕЛЬЕФ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА СССР

Гляциоэвстатические трансгрессии и регрессии Мирового Океана оказали определенное влияние на формирование современной геоморфологической структуры юга советского Дальнего Востока. Они повторялись неоднократно в течение четвертичного времени и действовали на фоне тектонических движений земной коры. Поэтому оценить рельефоформирующий эффект этих колебаний можно лишь в том случае, если учитывать морфоструктурно–тектоническую ситуацию, сложившуюся в регионе к началу плейстоцена. При этом необходимо рассматривать всю переходную зону от континента к Океану, включающую окраину материка с шельфом и подводным материковым склоном, и впадины краевых морей (в данном случае Охотского и Японского) с островными дугами.

Для территории материковой суши юга Дальнего Востока в позднем кайнозое отмечается общая интеграция континентальных морфоструктур и тектонических движений, достигшая максимума в четвертичное время (Худяков, 1972; Худяков, Кулаков, Короткий, 1973; Худяков, 1974). В плейстоцене здесь завершилось формирование громадных материковых плит (геоблоков) земной коры (Восточно–Сибирской, Монголо–Охотской, Сихотэ–Алинской и Корейской) с разделяющими их шовными зонами – системами сопряженных межгорных впадин. Характерная для четвертичного времени общность тектонического развития рассматриваемых материковых плит с преобладанием восходящих движений прекрасно фиксируется однотипным по

структуре спектром надпойменных террас речных долин различных районов и по другим геолого-геоморфологическим признакам. Дифференцированные по знаку и амплитуде тектонические движения с накоплением довольно мощных линз четвертичных осадков во впадинах свойственны лишь для шовных зон. Устанавливается, таким образом, общее сводово-глыбовое воздымание материковой суши юга Дальнего Востока в плейстоцене.

Морскими геолого-геофизическими работами на материковом склоне в Японском море впервые установлены морские шельфовые отложения миоценового возраста, залегающие на глубинах 400-2000 м и больше (Васильев, Васильковский, 1971), а также выявлены многочисленные разломы и связанные с ними нисходящие движения блоков на шельфе и материковом склоне (Кулинич и др., 1974; Карп и др., 1974). Выяснено геологическое строение банки Ямато в центральной части Японского моря (Васильев, Маркевич, 1973), что позволяет предполагать погружение этой блоковой морфоструктуры под уровень моря начиная с миоцена. Исследования в Охотском море (результаты 13-го рейса НИС "Д. Менделеев" и другие данные) свидетельствуют о существовании в пределах обширного материкового склона древнего шельфа, погруженного сейчас на большую глубину.

Подтверждаются, таким образом, предположения ряда исследователей (Карташов, 1967; Сычев, 1968, и др.) о тектоническом погружении впадин Охотского и Японского морей в верхнем кайнозое. При этом впадины "наползают" на материк и вовлекают в погружение окраину континента. Достаточно четкие геоморфологические признаки этого процесса (отсутствие высоких морских террас, сходящихся к устьям рек спектр надпойменных речных террас, развитие базисной поверхности субаэрального выравнивания в прибрежной зоне, погружение покровов кайнозойских эффузивов под уровень моря и др.) отмечены в настоящее время на побережье материка (Кулаков, 1972, 1973).

Для островных дуг названных морей (Курило-Камчатской гряды, Японской гряды и о-ва Сахалина) в верхнем кайнозое были свойственны в целом интенсивные восходящие движения, продолжающиеся вплоть до настоящего времени.

Рельефоформирующий эффект гляциоэвстатических колебаний уровня Океана, действовавших в четвертичное время на этом сложном тектоническом фоне, был не везде одинаков. На материковом побережье не найдено высоких морских террас или каких-либо других следов высокого стояния уровня моря в плейстоцене. К современной береговой линии моря приурочены отложения и прибрежные формы послеледниковой (верхнечетвертичной-голоценовой) морской трансгрессии. Найденные здесь в последние годы более древние морские осадки, сопоставляемые с отложениями каргинской трансгрессии севера Сибири и воронцовской трансгрессии Аляски (Алексеев, Голубева, 1973; Кулаков, Назаренко, Пушкарь, 1974) пространственно и по высоте близки к современной береговой линии. Возможны на-

ходки следов и более древних морских трансгрессий в прибрежной зоне в процессе более детальных исследований.

В целом четвертичные морские трансгрессии далеко в глубь материковой суши не проникали (относительно современного рисунка побережья). Максимальная граница их распространения для япономорского побережья совпадает в общем с береговой линией послеледниковой трансгрессии, а в Приохотье древние межледниковые линии располагаются главным образом в пределах шельфа. Возможны ингрессии морских вод по долинам крупных рек (обычно приуроченных ко впадинам) на расстояние до 10–20 км от устья, как это отмечается в Южном Приморье и в северо-западном Приохотье. Какого-либо существенного влияния этих трансгрессий и ингрессий на развитие речных систем не установлено, за исключением их приустьевой части.

Наиболее существенный результат деятельности четвертичных морских трансгрессий и регрессий в пределах окраины материка – формирование обширной подводной равнины материкового шельфа. Решающим фактором здесь было тектоническое погружение окраины континента в кайнозое и существование в переходной зоне от воздымающейся материковой глыбы ко впадинам краевых морей выровненного рельефа (базисной субаэральной поверхности выравнивания). Реликты последней наблюдаются сейчас на северо-восточном побережье Кореи, в Южном Приморье, по восточному склону Сихотэ-Алиня и на других участках. Благодаря этому происходило сравнительно быстрое абразионно-аккумулятивное выравнивание погружающейся суши при трансгрессиях и регрессиях моря (Кулаков, 1966, 1973), что было бы невозможно в условиях горного рельефа, поскольку абразионный потенциал моря довольно ограничен (Зенкович, 1962). Подводная равнина шельфа является, следовательно, вторичным уровнем базисного абразионно-аккумулятивного выравнивания четвертичного возраста, наложенным на первичную базисную поверхность субаэрального выравнивания, формирование которой началось, вероятно, с верхнего мела – палеогена.

При гляциоэвстатических колебаниях уровня Океана происходили также важные изменения в палеогеографической обстановке окраины материка: осушалась и вновь затапливалась морем область шельфа, соединялись и разделялись речные системы, возникали сухопутные соединения, происходили миграции животных и растений. При амплитуде колебаний морских вод в 80–120 м (Марков, Суетова, 1965; Каррей, 1968; Milliman, Emery, 1968; Bloom et al., 1974, и др.) гляциоэвстатические трансгрессии и регрессии распространялись на большие расстояния в пределах очень широкого материкового шельфа Охотского моря. При регрессиях моря могли соединяться некоторые речные системы (например, в северо-западном Приохотье), но благодаря чрезвычайно малому уклону и большой ширине осушавшейся шельфовой равнины врезания рек не происходило. Устойчивое сухопутное соединение между о. Сахалин и материком формировалось в районе Амурского лимана.

На материковом побережье Японского моря, где шельф сравнительно узкий и более крутой, морские регрессии вызывали врезание в приустьевых участках речных долин, особенно когда береговая линия опускалась ниже бровки шельфа. Формировавшиеся при этом террасовые ступени, находящиеся сейчас в погребенном состоянии, обнаружены при бурении в устьях крупных рек Приморья. Примечательно, что эрозионный врез не выходил за пределы приустьевых участков речных долин и выше по течению рек развитие долин определялось главным образом морфоструктурой и тектоническими движениями того или иного региона.

Для всей рассматриваемой окраины континента генетической связи системы надпойменных речных террас с четвертичными трансгрессиями и регрессиями Океана не установлено. Такая связь выявляется лишь для пойменного уровня, формирование которого в нижних частях речных долин во многом обусловлено послеледниковой (верхнечетвертичной–голоценовой) морской трансгрессией.

В пределах островных дуг эффект гляциоэвстатических колебаний уровня Океана проявился более четко и выразился прежде всего в формировании серии четвертичных террас (террасового ряда) на воздымающихся побережьях и в накоплении толщ морских, прибрежно-морских и лагунных осадков во впадинах в фазы морских трансгрессий. С эпохами регрессий здесь, как и на побережье материка, связано формирование переуглубленных (врезанных) долин, развитых даже в районах интенсивно погружающихся впадин (например, в пределах впадины Канто в центральной Японии). Колебания уровня моря отмечены также подводными террасами на шельфе и склонах островных дуг.

На Курильских островах и о.Сахалине установлены, так же как и на побережье материка, отложения предпоследней морской трансгрессии, сопоставляемой с воронцовской трансгрессией Аляски. Но здесь они залегают высоко над уровнем моря – на о. Кунашир слагают аккумулятивный покров высокой (свыше 100 м) морской террасы и имеют возраст (по двум датировкам) 39300±600 и 40200±750 лет (Полунин, 1969), а на о. Сахалине у г. Александровск-Сахалинский принимают участие в строении 40-метровой террасы и имеют возраст 40300±260 лет (Кулаков, Назаренко, 1972).

Надпойменные террасы речных долин островной суши в устьевых частях рек обычно переходят в различные по возрасту и высоте морские уровни, что свидетельствует о формировании их в эпохи морских трансгрессий. Однако выше по долинам рек влияние локальной тектоники становится преобладающим – террасовый спектр сильно усложняется, появляется много локальных уровней.

Велика роль четвертичных морских трансгрессий и регрессий в формировании шельфа островных гряд. Интенсивная абразионно-аккумулятивная деятельность моря привела к выработке шельфа, по степени выравнивания во многих случаях не уступающего материковой отмели (шельф о. Сахалина). Прекрасным примером происходящего на наших глазах процесса абразионного разрушения и погруже-

ния островной суши под уровень моря являются острова Малой Курильской гряды, для которых в четвертичное время характерно преобладание нисходящих тектонических движений (Худяков, 1964; Кулаков, 1965). Для воздымающихся островных морфоструктур абразионное выравнивание не было столь действенным.

Вопрос о гидроизостатических деформациях земной коры, связанных с колебаниями уровня морских вод, все еще остается неясным. Реальность существования их доказана для многих районов Земли (Флинт, 1963; Bloom, 1967, и др.). Они проявились, вероятно, в пределах материкового и островного шельфов Охотского и Японского морей и, возможно, некоторых островов. По-видимому, это были ритмичные деформации переменного знака, накладывавшиеся на тектонические движения крупных региональных морфоструктур.

Проведенные исследования подтверждают вывод о примерной одновысотности уровней моря, фаз межледниковых трансгрессий и близости их современному уровню, установленный для многих регионов Земли (Марков, Суетова, 1965; Battistini, 1958, Васильев, 1968; Bloom et al., 1974, и др.). Подтверждается также решающая роль тектонических движений прибрежных морфоструктур в формировании того или иного геоморфологического облика морских побережий. Вместе с тем дальневосточные материалы свидетельствуют не в пользу представлений о планетарной регрессии Океана в плейстоцене. В этом отношении они хорошо согласуются с результатами новейших исследований древних береговых линий других районов Земли.

ABSTRACT

Quaternary glacioeustatic transgressions and regressions were developing on the tectonic background of region. Integration of morphostructures and tectonic movements in the Pleistocene are established for the continental part of the South Far East. The four huge continental geoblocks and an arch-blocking crustal uplift are observed here. At the same time the tectonic subsidence of the Okhotsk and Japanese sea-troughs had taken place and continental margin was entrapped by these movements. Geological and geomorphological evidences of this process were marked along the continental coast by means of marine geological studies. The island-arcs of the region (Kuril-Kamchatka and Japanese arcs and Sakhalin island) were mostly elevating in the Quaternary.

The relief-forming effect of the Quaternary sea-level fluctuations for continental margin was pronounced mostly in the formation of a submarine shelf-plain. There was no considerable influence of the sea-level changes on the geomorphological structure of the midland regions. The maximum of sea-transgressions corresponding on the whole to sea-shore line of the Late Quaternary-Holocene transgression. The considerable paleogeographic changes related to retreats and invasions of the sea took place on the continental shelf only. Within the island arcs the formation of the elevated and submerged tarraces, submerged shelf plain and Quaternary deposits in

ЛИТЕРАТУРА

Алексеев М.Н., Голубева Л.В. Новые данные по стратиграфии плейстоцена Южного Приморья. – В сб. "Стратиграфия, палеогеография и литогенез антропогена Евразии". М., изд. Всесоюзн. ин-та экономики минерального сырья, 1973.

Васильев Ю.М. О ритмах трансгрессий в полузамкнутых и замкнутых морских бассейнах. – Изв. АН СССР, сер. геол., 1968, № 2.

Васильев Б.И., Васильковский Н.П. Открытие морских миоценовых отложений на континентальном склоне залива Петра Великого (Японское море). – Докл. АН СССР, 1971, т. 198, № 5.

Васильев Б.И., Маркевич П.В. О геологическом строении возвышенности Ямато (Японское море). – В сб. "Вопросы геологии дна Японского моря". Владивосток, 1973.

Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов. М., Изд-во АН СССР, 1962.

Карп Б.Я., Моуравова Е.А., Шевалдин Ю.В., Филатьев В.П. Новые данные о строении земной коры в юго-западной части Японского моря.– В сб. "Вопросы геологии и геофизики окраинных морей северо-западной части Тихого океана". Владивосток, 1974.

Каррей Дж. Позднечетвертичная история материковых шельфов США. – В кн. "Четвертичный период в США", т. 1. М., "Мир", 1968.

Карташов И.П. Рельеф дна Охотского моря и история его формирования.– В кн. "Мезо-кайнозойская история и строение земной коры Охотского региона". М., "Наука", 1967.

Кулаков А.П. Об основных чертах четвертичного рельефообразования островов Курильской гряды. – В сб. "Вопросы геоморфологии и морфотектоники южной части Дальнего Востока". Владивосток, 1965.

Кулаков А.П. О влиянии эвстатических колебаний уровня океана и тектонических движений на положение плейстоценовых береговых линий в пределах Охотского и Японского морей. – В сб. "Вопросы геологии северо-западного сектора Тихоокеанского пояса". Владивосток, 1966.

Кулаков А.П. Четвертичные береговые линии Охотского и Японского морей.– В сб."Проблемы изучения четвертичного периода".М.,"Наука",1972.

Кулаков А.П. Четвертичные береговые линии Охотского и Японского морей. Новосибирск, "Наука", 1973.

Кулаков А.П., Назаренко Е.М. Морская терраса у г. Александровска-Сахалинского (западное побережье о. Сахалина). – В сб. "Комплексные исследования шельфа". Владивосток, 1972.

Кулаков А.П., Назаренко Е.М., Пушкарь В.С. О следах четвертичных морских трансгрессий в Северо-Западном Приохотье. – В сб. "Вопросы геоморфологии и четвертичной геологии юга Дальнего Востока СССР", вып. 1. Владивосток, 1974.

Кулинич Р.Г., Васильев Б.И., Строев П.А., Шевалдин Ю.В. Геолого-геофизические данные о строении шельфа и континентального склона залива Петра Великого (Японское море). – В сб. "Вопросы геологии и геофизики окраинных морей северо-западной части Тихого океана". Владивосток, 1974.

Марков К.К., Суетова И.А. Эвстатические колебания уровня океана. – В кн. "Основные проблемы изучения четвертичного периода". М., "Наука", 1965.

Полунин Г.В. Об абсолютном возрасте высокой террасы и вулкана Менделеева на о. Кунашир. – Бюлл. Вулканологических станций СО АН СССР, 1969, № 45.

Сычев П.М. Некоторые вопросы тектоники Сахалина и прилегающих акваторий в свете геофизических данных. – В сб. "Геология зоны перехода от Азиатского материка к Тихому океану". М., "Наука", 1968.

Флинт Р.Ф. Ледники и палеогеография плейстоцена. М., ИЛ, 1963.

Худяков Г.И. О морфоструктурной эволюции южной группы Курильских островов. – В сб. "Тезисы и аннотации докладов на XV научно-технической конференции. ДВНЦ". Владивосток, 1964.

Худяков Г.И. Четвертичный период. Выводы. – В кн. "История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Юг Дальнего Востока". М., "Наука", 1972.

Худяков Г.И. Принципиальные основы морфотектонических исследований. – Автореф. докт. дисс. Новосибирск ИГ и Г СО АН СССР, 1974.

Худяков Г.И., Кулаков А.П., Короткий А.М. Морфоструктура и четвертичная тектоника северо-западной части Тихоокеанского подвижного пояса. – В сб. "Тезисы докладов советских ученых к IX конгрессу ИНКВА (Новая Зеландия, 1973)". М., "Наука", 1973.

Battistini R. Sur l'inexistence de hauts stationnements marins quaternaires. – Compt. rend. Soc. géol. France, 1958, N 2, p. 46–48.

Bloom A.L. Pleistocene shorelines: a new test of isostasy. – Bull. Geol. Soc. America, 1967, v. 78, N 12.

Bloom A.L., Broecker W.S., Chappell M.A., Matthews R.K., Mesolella K.J. Quaternary sea level fluctuations on a tectonic coast: New Th^{230}/U^{234} dates from the Huon Peninsula, New Guinea. – Quaternary Res., 1974, N 4, p. 185-205.

Milliman J.D., Emery K.O. Sea levels during the past 35000 years. Science, 1968, v. 62, N 3858.

И. Г. ЛИСКУН

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В МОНГОЛИИ В ПЕРИОД ФОРМИРОВАНИЯ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ТРЕТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

В статье рассматривается палеоклиматическая обстановка, существовавшая в Центральной Монголии в течение палеогенового отрезка времени, которая восстанавливается на основе изучения вещественного состава отложений.

Наиболее детально палеогеновые отложения изучены в Долинозерской депрессии. Они обнажаются в прибортовых частях впадины,

по долинам рек и сухим сайрам. Самые древние палеогеновые отложения представлены свитой Холболджи-Нур среднего-верхнего эоцена. Эти отложения вскрыты в ряде районов: район рек Тацин-Гол и Туин-Гол, горы Душу-Шара-Ула, хр. Их-Аргаланту-Нуру, урочища Мэн-Хэн-Тэг и Буйлясутун-Худук. Отложения свиты Холболджи-Нур перекрываются нижне-среднеолигоценовыми образованиями свиты Эргилийн-Дзо, с обломками костей крупных млекопитающих, эмалью зубов носорогов, щитками панцирей черепах. Они известны во всех разрезах, где развиты отложения свиты Холболджи-Нур. В некоторых разрезах между отложениями этих свит наблюдается четкий размыв.

Однако, как будет показано ниже, литологические особенности отложений указанных свит позволяют говорить о довольно сходных климатических условиях, существовавших в период их накопления. Венчается разрез палеогена отложениями свиты Шанд-Гол верхнего олигоцена, резко отличающейся по своему составу от отложений нижних двух свит. Последние представлены обломочными породами - галечниками, гравийниками и песками. Значительно реже встречаются глинистые пески и песчанистые глины. Общая мощность отложений порядка 100 м. Все породы окрашены преимущественно в серые и зеленовато-серые тона. Значительно реже встречаются (и то только в верхней части свиты Эргилийн-Дзо) бурые и красновато-бурые окраски.

Галечники разнозернистые, но хорошо отсортированные: одни прослои состоят из мелких галек (3-5 см), другие - из крупных (15-20 см); гальки, как правило, хорошо окатаны. В составе обломков преобладают кварц и кварциты, в то же время присутствует много обломков разнообразных гранитов, реже сланцев и песчаников. Гранитные гальки нередко затронуты процессами выветривания - рыхлые, темноцветные компоненты ожелезнены. Заполнитель песчано-гравийный. Пески гравелистые, разнозернистые, светло-серые, местами с неправильными бурыми пятнами. Состав полевошпатово-кварцевый. Тяжелые минералы песков и галечников представлены в основном устойчивыми минералами: магнетитом, гранатом, цирконом, которые составляют до 80-85% тяжелой части алевритовой фракции. Заполнитель и цемент песков и галечников глинистый, реже глинисто-карбонатный.

Глинистое вещество заполнителя представлено удлиненными частицами серых или желтовато-розовых тонов с нечеткими расплывчатыми очертаниями. Нередко глинистые частицы имеют одинаковую оптическую ориентировку и слагают волнисто-гаснущую каемку вокруг обломочных зерен. Такие глинистые агрегаты в песчаниках образуют пленочный или поровый цемент. Глины зеленовато-серые, редко красновато-бурые, неслоистые, слабоуплотненные. Состав глинистого вещества в глинах и заполнителе смешанный: преобладает гидрослюда, хотя не малую роль играет монтмориллонит, в виде примеси присутствуют каолинит и хлорит. Породы свиты Холболджи-Нур и Эргилийн-Дзо слабокарбонатны - обычно это первые проценты, только в некоторых прослоях песчаников карбонатность достигает 10%. Глинистые прослои содержат белые карбонатные глазки - журавчики. Изучение толщи в поле с последующим детальным иссле-

дованием образцов в лаборатории позволило установить, что практически все формы выделения карбонатов – постседиментационные образования, возникшие в разные стадии диагенеза и даже эпигенеза.

Определение содержания железа в породах свит Холболджи-Нур и Эргилийн-Дзо показало, что валовое содержание его не превышает 2-2,5%, причем основная роль принадлежит железу обломочному, а реакционноспособное железо составляет 25-30%. В реакционноспособном железе преобладает трехвалентное железо.

Сероцветная грубообломочная толща пород описываемых свит обладает горизонтальной и разнонаправленной косой слоистостью, обусловленной переслаиванием пород разного гранулометрического состава.

Отложения свиты Шанд-Гол известны практически во всех изученных обнажениях. Стратотип свиты описан в сухом русле р. Татал-Гол. Везде отложения свиты Шанд-Гол представлены красноцветными глинистыми породами с маломощными линзами и прослоями песков и гравийников, количество которых в прибортовых частях Долины Озер достигает максимального развития и резко уменьшается в центральной части впадины. Почти во всех обнажениях осадочные породы содержат прослои базальтов. Мощность отложений не превышает 50-60 м.

Глины, являющиеся основным составляющим звеном свиты Шанд-Гол, представлены плохо сортированными карбонатными разностями. Они обычно неслоистые, трещиноватые, оскольчатые, с многочисленными дендритами марганца и кристаллами вторичного гипса. Как правило, глины содержат примесь не только алевритовых и песчаных частиц, но и гравийные зерна и даже гальку. В различных прослоях количество терригенного материала неодинаково, в связи с этим меняется интенсивность красноцветной окраски пород, что придает толще в целом четко выраженную горизонтальную слоистость. Интенсивность окраски глин определяется также и степенью карбонатности их: менее карбонатные глины имеют темно-красный или буровато-красный цвет; с увеличением карбонатности пород окраска их становится розовато-красной или даже розовато-белой (в прослоях мергелей).

Основная глинистая масса пород состоит из тонких чешуек, имеющих беспорядочное расположение. Состав глин гидрослюдистый. В карбонатных глинах наряду с пелитоморфным карбонатом, равномерно распределенным по всей массе породы, наблюдаются или четкие единичные кристаллы кальцита или неправильные белесоватые стяжения его. Пелитоморфный карбонат – образование, сингенетичное времени накопления осадка, а перераспределение карбонатного материала с образованием крупных кристаллов кальцита и карбонатных стяжений, вероятнее всего, происходило в диагенезе и эпигенезе. Средняя карбонатность пород верхней толщи составляет 15-20%, а в некоторых прослоях карбонатность настолько увеличивается, что породы уже следует относить не к терригенным, а к хемогенным образованиям (мергели и известняки).

Химический анализ растворимой части пород показал, что карбонатная составляющая их представлена кальцитом с небольшой примесью магнезита. Терригенные зерна в глинах, а также обломочный материал песков и гравийников состоят из слабоокатанных зерен кварца, обломков кварцитов, эффузивов, сланцев, гранитов, зерен полевых шпатов и плагиоклазов. Тяжелых минералов в алевритовой фракции пород очень мало – доли процента. В составе их преобладают обломки ожелезненных пород, рудные минералы – гидроокислы железа, магнетит, гематит, минералы группы эпидота и пироксены. Количество устойчивых минералов незначительно. Красноцветная окраска пород обусловлена присутствием гидроокислов железа, пигментирующих глинистое вещество. Количество валового железа изменяется от 3 до 10%. На долю реакционноспособного железа приходится 50–60% от валового; 99% реакционноспособного железа принадлежит трехвалентному железу.

Приведенная характеристика пород обеих толщ ярко иллюстрирует различие как состава пород, так и текстурно-структурных особенностей отложений, которые, как известно, определяются рядом факторов, зависящих в конечном итоге от климата и тектонической активности района.

Итак, для отложений нижней толщи характерно: преобладание грубообломочных отложений, наличие серых и зеленовато-серых окрасок, грубая горизонтальная слоистость, хорошая сортировка внутри отдельных пачек, хорошая окатанность обломочного материала, господство в составе пород устойчивых компонентов, гидрослюдисто-монтмориллонитовый состав глинистого вещества, слабая карбонатность пород, небольшой процент реакционноспособного железа.

Отложениям верхней пачки свойственны: преимущественно тонкозернистый состав пород, плохая сортировка, красноцветность, полимиктовый состав терригенной части пород, высокая карбонатность (карбонат представлен кальцитом иногда с примесью магнезита), небольшой процент устойчивых минералов, гидрослюдистое глинистое вещество, в породах преобладает реакционноспособное железо.

Состав и строение пород свит Холболджи-Нур и Эргилийн-Дзо позволяют говорить об аллювиальном и аллювиально-озерном происхождении осадков, формирование которых происходило в условиях теплого и достаточно влажного климата. Олигомиктовый состав пород свидетельствует о довольно глубоких процессах выветривания, существовавших до накопления этих отложений, а грубый состав – об активных эрозионных процессах, приведших к созданию хорошо развитых рек. Реки накапливали аллювиальный материал в своих долинах и транспортировали его в центральные части котловин, где существовали обширные и довольно глубокие озерные бассейны.

Основная масса пород свиты Шанд-Гол относится к делювиально-пролювиальным образованиям, обязанным своим происхождением временным потоком, возникавшим благодаря периодическим выпадениям осадков. В центральных частях впадин, вероятно, существовали озерные бассейны, но скорее всего это были мелкие, небольшие, часто

пересыхающие, изолированные водоемы, в которых происходило накопление маломощных прослоев карбонатных глин, мергелей и реже известняков. Состав осадков свидетельствует о процессах седиментации, происходивших в резкоокислительной обстановке, в условиях шелочной среды. Все это однозначно говорит о существовании в период накопления пород верхней толщи теплого и достаточно сухого климата, во всяком случае значительно более сухого, чем климат времени формирования нижней толщи. Преобладание тонкозернистых осадков – прямое следствие ослабления денудационных процессов ввиду некоторого выравнивания рельефа в олигоценовое время.

Охарактеризованный выше опыт изучения вещественного состава отложений Центральной Монголии убедительно свидетельствует о ведущей роли литолого-минералогических исследований в определении не только палеогеографической, но и климатической обстановки времени формирования этих (и подобных им) отложений.

ABSTRACT

The experience in studying the composition of Paleogene deposits of Central Mongolia testifies to the leading part of the litholog–mineralogical data for determination of climate of the past. The study of the material composition and structure of Paleogene strata in Central Mongolia provided data for paleoclimatic characteristics of the time of their formation.

Two strata have been examined: the lower stratum – suites Holboldgy–Nur and Ergiljin–Dzo, and the upper one – suite Shand–Gol. They differ in the composition and texture–structural peculiarities of deposits. That are known to be determined by a number of factors, depending on climate and tectonic activity of the region. It has been established that the deposits of the lower stratum had been formed in warm and humid climate, whereas deposits of the upper stratum had been accumulated in warm, but dry climate.

К. В. НИКИФОРОВА, И. И. КРАСНОВ, Л. П. АЛЕКСАНДРОВА,
Ю. М. ВАСИЛЬЕВ, Н. А. КОНСТАНТИНОВА, А. Л. ЧЕПАЛЫГА

КЛИМАТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ДЕТАЛЬНАЯ СТРАТИГРАФИЯ ВЕРХНЕПЛИОЦЕНОВЫХ—НИЖНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГА СССР

Одна из важнейших проблем стратиграфии позднего кайнозоя – построение детальной стратиграфической шкалы. Как известно, при расчленении наиболее верхних подразделений антропогена (среднего и верхнего плейстоцена) наряду с биостратиграфическими методами для этой цели успешно применяются методы климатостратиграфии.

В нижнем плейстоцене, эоплейстоцене и верхнем плиоцене до последнего времени выделялись только крупные подразделения (разделы и подразделы схемы И.И. Краснова и К.В. Никифоровой, 1973).

Детальное изучение отложений этого возраста, как континентальных, так и морских, во внеледниковой области Европейской части Советского Союза, фауны млекопитающих и моллюсков, а также использование данных пыльцевого анализа и палеомагнитные исследования позволили впервые провести более дробное расчленение этих подразделений, выделив в них "холодные" и "теплые" горизонты (климатолиты), отмечающие климатические колебания в течение рассматриваемого отрезка времени[1]. Отложения данных горизонтов могут быть коррелированы с отложениями Западной, Центральной и Северной Европы, что вселяет надежду на возможность использования их в качестве подразделений единой стратиграфической шкалы.

Согласно последней рекомендации Международного геологического конгресса (МГК) в Канаде в 1972 г., нижняя граница четвертичной системы принимается нами под калабрийскими морскими слоями Италии, в которых присутствуют северные иммигранты *Cyprina islandica* и *Hyalinea baltica*. В Советском Союзе эта граница проведена под апшеронскими слоями Каспия и их стратиграфическими аналогами. т.е. под эоплейстоценом схемы И.И. Краснова и К.В.Никифоровой (1973). Акчагыльские отложения относятся по этой схеме к верхнему плиоцену.

ВЕРХНИЙ ПЛИОЦЕН

Нижняя часть континентального верхнего плиоцена представлена отложениями древних аллювиальных равнин, слагающих цоколи разновозрастных террас рек Южной Молдавии и Украины (Константинова, 1967; Чепалыга, 1967), и их стратиграфическими аналогами. Эти отложения выделены нами в кучурганский и кагульский горизонты и сопоставлены с нижним акчагылом Каспийской области. В них содержится теплолюбивая левантинская фауна пресноводных моллюсков, преимущественно реофильная, субтропического типа (нижнепоратская фауна).

Отложения кучурганского горизонта, стратотипические разрезы которого находятся в долине р. Кучурган на юге Украине (пос.Новопетровка, Трудомировка и др.), содержат плойчатые маргаритиферы рода *Plicatibaphia (P.flabellatiformis)*, перешедшие из миоцена; характерно появление крупных гладких унионид из рода *Psilunio (P. sibinensis, P.sandbergeri* и др.), а также дальнейшее развитие скульптированных меланиид, неритид и килеватых вивипарид.

---

[1] В статье и прилагаемой стратиграфической схеме нами применяются стратиграфические подразделения, предложенные И.И. Красновым и К.В. Никифоровой.

В отложениях кагульского горизонта (стратотипические разрезы в низовьях р.Прута, на реках Кагул и Б. Сальча) впервые появляются скульптированные унионицы рода *Rugunio (R.lenticularis)*, вымирают плойчатые маргаритиферы и появляются гладкие формы рода *Pseudunio (P.levata)*.

Для обоих этих горизонтов характерна фауна млекопитающих молдавского комплекса, в котором еще присутствуют все основные группы животных предшествующей гиппарионовой фауны, но уже появляются некоторые новые роды.

В разрезах южной Молдавии и юга Украины известны остатки *Zygolophodon borsoni* (в кучурганском горизонте), *Anancus arvernensis, Equus stenonis, Dolichopithecus ruscinensis, Deinotherium* cf. *gigantissimum, Tapirus arvernensis, Dicerorhinus* cf. *megarhinus, Cervus moldavicus, Hipparion* cf. *crassum* др. По данным Л.И. Алексеевой (1974), для кучурганского горизонта характерно обилие мунжаков и присутствие мастодонта Борсона; для кагульского – оленей подрода *Rusa* и овернского мастодонта. Мелкие млекопитающие представлены в кучурганском горизонте в основном зайцеобразными (*Ochotona gigas, O.eximia, O.antiqua*), но присутствуют также древние корнезубые полевки родов *Promimomys (P.moldavicus)* и *Dolomys* (Топачевский, 1965)[1]. В кагульском разрезе также обнаружены остатки зайцеобразных вместе с *Dolomys* cf.*milleri* (мелкая форма), *Cseria* cf. *stehlini;* появляется *Pliomys kowalskii* (Шевченко, 1965).

С верхами нижнего акчагыла Каспийской области сопоставляются отложения верхнепоратского горизонта (стратотипические разрезы вблизи устья Прута: Рипа Скорцельская, с. Долинское). Они также генетически связаны с древними аллювиальными равнинами и обычно слагают цоколи разновозрастных террас крупных речных долин. В них отмечается наиболее богатая левантинская фауна моллюсков субтропического типа, преимущественно реофильная. Эта фауна характеризуется появлением среди унионид новых левантинских родов и подродов, большинство которых вымирает в конце позднего пората. Среди них отмечаются *Ritia bielzi, Cuneopsidea doljiensis, C.porumbarui, Wenziella subclivosa, Cyclopotomida minueri, Pristinunio davilai.* Отмечается также максимум развития скульптированных вивипар (*Viviparus bifarcinatus, V.laskarevi, V.strossmayerianus*). Фауна млекопитающих несколько отличается от фауны кучурганского и кагульского горизонтов, хотя и относится к молдавскому комплексу. В ней кроме кагульских форм присутствует *Dolomys milleri* (типичная форма) и *Pliomys ucrainicus*. На древних водоразделах времени накопления отложений всех трех описанных выше горизонтов соответствовало формирование пестроцветной коры выветривания (Константинова, 1967). Эти три горизонта объединяются нами в единое поратское звено.

---

[1] В приложенной схеме, в графе "Биостратиграфические подразделения" из мелких млекопитающих показаны только вновь появившиеся виды.

Существенный рубеж в развитии фауны млекопитающих и моллюсков отмечается в начале квабебского горизонта (стратотип в Закавказье, долина р.Иори, г.Квабеби), отложения которого охарактеризованы богатой фауной млекопитающих. Квабебское местонахождение ископаемых млекопитающих приурочено к отложениям среднего акчагыла с фауной моллюсков *Avimactra subcaspia, A.venjukovi, Cardium dombra* и др., а также остракод и фораминифер (Векуа, 1972). Судя по листовым отпечаткам из среднеакчагыльских отложений местности Квабеби (*Salix alba, Populus tremula, Corylus avellana, Quercus robur, Zelkova caprinifolia, Ilex horrida* и др.), в квабебской флоре представлены листопадные деревья и кустарники при участии лишь одного вечнозеленого вида (падуб), свидетельствующие в целом о достаточно теплых климатических условиях того времени. Фауна млекопитающих Квабеби включает *Ursus arvernensis, Machairodus davitasvili, Hystrix* cf. *primigenia, Anancus arvernensis, Kvabebihyrax kachethicus, Hipparion crusafonti, Dicerorhinus megarhinus, Ioribos aceros* и др. Экологический характер основных групп квабебских млекопитающих в основном подтверждает выводы палеоботаников.

Костеносный горизонт местонахождения Квабеби имеет прямую намагниченность и принадлежит палеомагнитной эпохе Гаусс (Геохронология СССР, т. III, 1974). К этому же квабебскому горизонту относятся лиманные отложения нижней части разреза у пос. Веселовка на Тамани с куяльницкой фауной моллюсков. Фауна пресноводных моллюсков (веселовская) теплолюбивая, преимущественно реофильная. В ней впервые появляются роды *Ebersininaia, Parreysia* и доживают последние представители поратских унионид *Cuneopsidea (C.sudovskii), Pristinunio,* а также *Pseudohyriopsis problematica.* Обновляется состав мелких млекопитающих. Появляется несколько видов *Cseria* и *Mimomys* (в том числе *M.polonicus*), а также, первые представители рода *Villanyia (V. petenyii).*

Гиппарион из куяльницких отложений Веселовки, по мнению Л.К.Габуния (Габуния, Векуа, 1968), аналогичен гиппариону из Квабеби. В составе мелких млекопитающих, по данным А.И. Шевченко (1974), наряду с *Dolomys milleri, Pliomys* sp. впервые отмечается появление некоторых представителей рода *Mimomys*. В Западной Европе и Западной Сибири к этому времени (нижний виллафранк) приурочено появление *Mimomys polonicus*.

Существенный климатический рубеж устанавливается в середине среднего акчагыла – отложения чистопольского горизонта (г.Чистополь в Татарской АССР), выделенного Г.И. Горецким (1964), в составе кинельской свиты Среднего Поволжья и Прикамья.

В области южного (Башкирского) Предуралья чистопольскому горизонту соответствуют отложения зилим-васильевского горизонта (Яхимович, 1965). В южных районах они представлены морскими фациями с фауной кардиид и мактр; в северных – это преимущественно пресноводные аллювиальные и озерно-болотные отложения с подчиненными морскими прослоями. Наряду с морскими формами эти отложения охарактеризованы бореальным комплексом пресноводных

моллюсков. К ним относятся *Viviparus turritus, Clessiniola utvensis* и др. Тот же возраст имеют отложения опресненного горизонта средней части среднего акчагыла Закавказья с *Anodonta rustavelii, A.transcaucasica, Lymnaea* sp. и др. (иорская фауна – типичная бореальная фауна без теплых элементов). Отложения чистопольского горизонта Поволжья характеризуются таежными спорово-пыльцевыми спектрами (*Picea, Pinus, Tsuga, Abies, Larix, Betula* и др.) с небольшим участием широколиственных пород. Остатки фауны млекопитающих из этого горизонта пока неизвестны.

Мы сопоставляем отложения кагульского, верхнепоратского и квабебского горизонтов с нижним виллафранком Западной Европы (кучурганский горизонт, возможно, отвечает русцинию). Эти сопоставления подлежат дальнейшему уточнению.

И русциний и нижний виллафранк – стратиграфические аналоги плезанс-астия. Отсюда нижний акчагыл и низы среднего акчагыла Каспийского бассейна и их стратиграфические аналоги в Советском Союзе могут быть сопоставлены с плезанс-астием Западной Европы, т.е. с верхним плиоценом западноевропейской шкалы, которому отвечает теплолюбивая реверская флора. В то же время, по данным M.F.Bonifay (1969), в нижнем виллафранке отмечается первое ухудшение климата (фауна Виалетт, Франция). В Советском Союзе между верхнепоратским и квабебским горизонтами намечаются также следы похолодания, отмеченные появлением бореальной фауны моллюсков и пыльцы растительности более умеренного типа по сравнению с предшествующей субтропической флорой (Шатилова, 1974). Отложения чистопольского горизонта, судя по климатостратиграфическим данным, могут быть сопоставлены с претиглием Нидерландов; можно думать, что он начинает собой средний виллафранк. Из низов отложений среднего виллафранка в Польше известны наиболее ранние находки леммингов рода *Lemmus* (Ремблице Крулевски – Kowalski, 1974).

С началом среднего виллафранка совпадает так называемая тиберийская граница Ф. Лоны (Lona, Bertoldi, 1973), к которой приурочена резкая смена растительности: вымирание *Taxodium, Sequoia, Sciadopitys* и др. и последующее установление растительности, указывающей на ухудшение климата (холодные фазы – континентально-степные или горно-бореальные). Таким образом, похолодание в среднем виллафранке существенно отразилось на составе всего органического мира. На это время в Италии падает крупная эрозионная, так называемая акватраверская фаза, сопровождавшаяся вулканической деятельностью (Bigazzi, Bonadonna et al., 1973). В Нидерландах в это время формируются отложения претиглия с холодной флорой. Это похолодание и связанные с ним изменения органического мира отмечаются по всей Евразии, в Северной Америке, а также в странах южного полушария (Новая Зеландия, Австралия). Ряд исследователей проводит здесь нижнюю границу четвертичной системы.

Чистопольский горизонт занимает промежуточное положение между прямо намагниченным квабебским горизонтом эпохи Гаусс и обратно намагниченным аккулаевским горизонтом эпохи Матуяма.

Следующий, аккулаевский горизонт (стратотипический разрез у с. Аккулаево в южной Башкирии) представлен морскими, также среднеакчагыльскими отложениями, в которых присутствует и фауна пресноводных моллюсков (султанаевская фауна из местонахождений Султанаево и Аккулаево), а также отложениями нижних аллювиальных свит десятых террас рек южной Молдавии и Украины и их стратиграфических аналогов. Султанаевская фауна пресноводных моллюсков достаточно теплолюбивая; в ней получают широкое развитие *Ebersininaia* (новые виды), *Potomida (P.geometrica, P.samarica), Psilunio, Amphimelania (A.impressa),* гладкие *Viviparus (V.sinzovi).* В то же время впервые в значительном количестве появляются *Unio* бореального типа.

В лимнофильной фации представлены роды *Potamoscapha, Microcondylaea, Sinanodonta, Acella.* Мелкие млекопитающие известны как из отложений местонахождения у с. Аккулаево (Сухов, 1970), так и у с. Котловина на юге Украины (Александрова, 1971). Здесь на фоне архаичных видов полевок *Cseria* cf. *gracilis, Dolomys milleri, Pliomys kowalskii, P.hungaricus* появляются *Villanyia petenyii* и др., новый вид корнезубых полевок рода *Mimomys (M.pliocaenicus),* а также новые виды рода *Pliomys (P.episcopalis, P.kretzoii).*

В фауне крупных млекопитающих в этом горизонте в с. Котловина (верхний костеносный слой) отмечаются остатки архаичного слона *Archidiskodon gromovi,* отсюда известны также *Anancus arvernensis, Equus* ex gr. *stenonis, Dolichopitecus ruscinensis, Dicerorhinus etruscus, Ortogonoceros* sp. и др.[1] Л.П. Александрова (1971) и Л.И. Алексеева (1974) относят котловинскую фауну к ранним стадиям хапровского комплекса.

Времени накопления аккулаевского горизонта отвечает формирование нижней красноцветной почвы на более высоких уровнях. Отложения его мы коррелируем с низами тиглия Нидерландов (горизонт А) и средним виллафранком Средиземноморья.

Новые изменения климата в сторону похолодания и связанный с ним фаунистический рубеж падают на начало крыжановского горизонта (стратотипический разрез у с. Крыжановка близ г. Одессы). К нему относятся лиманные отложения нижнего куяльника Одесского района, аллювиальные отложения нижней части разреза у ст. Ливенцовской (стратотип хапровского комплекса млекопитающих) и верхние аллювиальные свиты десятых надпойменных террас крупных речных долин юга Молдавии и Украины и их стратиграфических аналогов.

В разрезе у с. Крыжановки вместе с куяльницкой фауной обнаружен богатый комплекс пресноводных моллюсков – крыжановская фауна. Она представлена холодостойкими бореальными формами современного типа с широким развитием лимно- и стагнофилов. В этой

[1] Фауна млекопитающих из разреза у с. Котловина нуждается в дальнейшем изучении. Возможно, она происходит из разновозрастных горизонтов.

фауне встречены унионіды рода *Unio (U. kujalnicensis, U.tanphilievi, U.odessanus)*, анодонты бореального типа, а также вивипары (*V.subconcinnus, V.fasciatus);* фоновыми являются мелкие гастроподы *Fagotia, Theodoxus, Lithoglyphus,* легочные моллюски и мелкие двустворки *Pisidium, Sphaerium.*

Для крыжановского горизонта характерны остатки млекопитающих хапровского комплекса. В нем исчезает ряд теплолюбивых видов (тапиры, динотерии, жирафы и др.); наблюдается сокращение ареалов мастодонтов, махайродов, гиппарионов, обезьян (Алексеева, 1974).

Для хапровского комплекса характерна широкая адаптивная радиация рода *Equus,* расселение рода *Archidiskodon* и *Eucladoceros.* Этот комплекс включает архидискодонтных слонов (*A.gromovi),* лошадей Стенона, верблюдов, этрусских носорогов, эласмотериев; впервые появляются настоящие зубры, крупные олени (род *Cervus* и *Eucladoceros),* винторогие антилопы.

Среди мелких млекопитающих отмечаются *Dolomys milleri, Pliomys hungaricus, Villanyia petenyii; V.lagurodontoides, Cseria* cf. *stehlini, Mimomys pliocaenicus, M.reidi.* В общем эта фауна близка к котловинской, но отличается появлением нового вида *Villanyia lagurodontoides;* соответствует нижнеливенцовской фауне (Александрова, 1971).

Отложения крыжановского горизонта могут быть сопоставлены с верхним акчагылом Каспийского бассейна. Время накопления крыжановского горизонта отмечается формированием покровных, иногда лёссовидных суглинков, супесей и алевритов на более высоких уровнях. В Нидерландах ему соответствует, по-видимому, средний горизонт тиглия (горизонт В), в котором отмечается похолодание.

Хапровский комплекс млекопитающих характерен и для следующего ферладанского горизонта (стратотипический разрез у с.Ферладаны в долине нижнего Днестра). Отложения его слагают нижние свиты аллювиальной толщи девятых террас рек юга Молдавии и Украины и их стратиграфических аналогов. К ним относится также верхняя часть аллювиальной толщи ливенцовского разреза со средне- и верхне-ливенцовской фауной полевок (Александрова, 1971).

В фауне ферладанского горизонта отмечаются заметные изменения. Так, фауна моллюсков (поливадинская) представлена типичными теплолюбивыми формами левантинского типа с *Potomida tamanensis.* Она отличается наличием скульптированных унионид и вивипар и преобладанием реофилов. Наиболее типичны здесь скульптированные и гладкие *Potomida (P.bugasica, P.geometrica),* есть представители рода *Unio.* На юге СССР впервые появляется род *Corbicula.* Среди лимнофилов здесь обитали *Sinanodonta, Anodonta* и легочные моллюски. Специфические виды: *Potomida tamanensis, P.bugasica, Viviparus zelebori* и др. Эта фауна характерна для верхов акчагыла.

В фауне мелких млекопитающих ферладанского горизонта отмечается большое разнообразие корнезубых полевок родов *Villanyia*

(*V.petenyii, V.lagurodontoides, V.exilis* и др.) и *Mimomys* (*M.polonicus, M.pliocaenicus, M.reidi*). Характерно появление *Villanyia exilis*.

В покровных отложениях в это время формируются красно-бурые почвы. Ферладанский горизонт, по-видимому, должен быть сопоставлен с верхами тиглия Нидерландов (горизонт С).

Отложения котловинского, крыжановского и ферладанского горизонтов объединяются нами в южнорусское звено, которое, таким образом, сопоставляется с тиглием Нидерландов, содержащим известную тегеленскую теплолюбивую флору. Заметим, что остатки крупных млекопитающих тегеленской фауны обычно залегают выше флороносного горизонта, а также обнаружены и в низах эбурония. Остатки мелких млекопитающих обнаружены вместе с остатками флоры (Zagwijn, 1974). *Lemmus*, который появился еще в низах среднего виллафранка, в тегеленской фауне отсутствует (Kowalski, 1974).

В Италии стратиграфическим аналогом отложений южнорусского звена и тиглия можно считать калабрийские слои с *Dentalium* (Ambrosetti et al., 1972) или докалабрийские слои С. Венцо (Venzo, 1961).

Отложения южнорусского звена завершают верхний плиоцен (акчагыл), которому в зональной шкале планктонных организмов соответствует зона *Globorotalia tosaensis*.

Граница палеомагнитных эпох Гаусс-Матуяма примерно совпадает с границей двух выделенных нами подразделов верхнего плиоцена (между квабебским и чистопольским горизонтами).

ЭОПЛЕЙСТОЦЕН

Нижний раздел четвертичной (антропогеновой) системы – эоплейстоцен – начинается отложениями домашкинского горизонта (стратотип его находится в Среднем Поволжье у с. Домашкинские Вершины).

Отложения домашкинского горизонта слагают верхние аллювиальные свиты девятых террас рек южной Молдавии и Украины и их стратиграфических аналогов. На более высоких террасовых уровнях времени их формирования отвечает накопление покровных суглинков и супесей.

Домашкинская фауна пресноводных моллюсков представлена бореальными формами современного типа с преобладанием лимнофилов, что указывает на заметное похолодание в это время. Эта сравнительно обедненная по видовому составу фауна представлена унионидами рода *Unio* (*U.pseudorumanus, U.apscheronicus, U.bozdagiensis*); род *Anodonta* представлен *A.transcaucasica, A.strabona*; из вивипар отмечаются только гладкие *Viviparus sinzovi, V.subconcinnus*; присутствуют также представители родов *Valvata, Bythynia, Lithoglyphus, Pisidium, Sphaerium*. Фауна эта характерна для отложений полупресноводной толщи, относимой к нижнему апшерону в разрезах Азербайджана (горы Дуздаг, Бозdаг и др.). В низах этой толщи

иногда еще отмечаются редкие остатки акчагыльских кардиид и мактр, однако несколько выше уже появляются типичные апшеронские формы *Pseudocatillus catilloides*. Подобная пресноводная фауна присутствует в палюдиновых слоях в разрезах Среднего Поволжья у с. Домашкинские Вершины ("домашкинские пласты" С.С. Неуструева, 1902, или "домашкинская серия" А.П. Павлова, 1925). Эти слои залегают на отложениях морского верхнего акчагыла с солоноватоводной фауной.

Фауна крупных млекопитающих домашкинского горизонта характеризуется наличием *Archidiskodon meridionalis meridionalis*, наиболее характерного представителя одесского фаунистического комплекса, а в Закавказье – *A.meridionalis taribanensis*.

Мелких млекопитающих из этого горизонта мы, к сожалению, почти не знаем. Можно указать только на присутствие бесцементной корнезубой полевки, близкой к *Cseria gracilis jachimovitcii*, известной пока из демского (апшеронского) горизонта аккулаевского местонахождения в Башкирии (Сухов, 1970). Это, однако, не исключает ее более раннее появление. По-видимому, к низам этого горизонта можно относить фауну из отложений средней части разреза у ст. Саратовской (в долине р. Псекупс на Северном Кавказе) с *Pliomys kretzoii, Villanyia petenyii, V.fejervaryi, V.exilis, Cseria* cf. *gracilis jachimovitcii, Ellobius* cf. *tarchancutensis*. Две последние формы неизвестны в фауне хапровского комплекса. Этот факт, а также отсутствие некорнезубых полевок позволяют считать эту фауну переходной от хапровской к одесской.

В разрезах Азербайджана (Дуздаг, Бездаг и др.) в низах толщи домашкинского горизонта установлен палеомагнитный эпизод Гилса (Певзнер, 1972). Этот же эпизод отмечается в нижней части апшерона Туркмении (Трубихин, 1975). Похолодание, отмеченное в отложениях домашкинского горизонта, совпадающего с началом четвертичной системы, может быть прослежено в глобальном масштабе.

В разрезах Нидерландов эпизод гилса, по данным H.M.Montfrans'a (1971), отмечается на переходе от тиглия к эбуронию, что позволяет сопоставлять эбуроний с домашкинским горизонтом. Отложения эбурония характеризуются "холодным" пыльцевым спектром. В низах его присутствуют формы, характерные для тегеленской фауны (в частности, *Anancus arvernensis* и *Tapirus arvernensis*), а выше отмечается первое появление Allophaiomys (Zagwijn, 1974). Возможно, с низами домашкинского горизонта и эбурония нужно было бы сопоставить отложения с фауной Ла-Купэ, которые, по П.Буту (Bout, 1973), датируются около 1,9 млн. лет и имеют перигляциальный характер. Однако они имеют обратную намагниченность и, таким образом, должны быть сопоставлены с верхами тиглия Нидерландов, куда их помещает также W.H.Zagwijn (1974). Для фауны Ла-Купэ характерно присутствие *Anancus arvernensis* и *Tapirus arvernensis*. Кроме того, в ней отмечается *Archidiskodon meridionalis, Rhinoceros etruscus, Equus stenonis, E.bressanus, Eucladoceros senezensis vireti*. С отложениями домашкинского го-

ризонта хорошо могут быть сопоставлены так называемые перигляциальные отложения с фауной Сенеза (Франция), которые датируются 1,6 млн. лет и имеют прямую намагниченность (Bout, 1973). В фауне Сенеза уже нет ни мастодонта, ни тапира, остальные формы те же, что и в Ла-Купэ, только место *Eucladoceros senezensis vireti* занимает *E.senezensis senezensis*. В разрезах Италии с отложениями домашкинского горизонта и эбурония коррелируются калабрийские слои с *Arctica islandica* (типичный калабрий).

С началом четвертичной системы ряд исследователей связывает оледенения, по крайней мере, в высоких широтах и горных странах.

Домашкинский горизонт сменяется бошерницким горизонтом (стратотип у с. Бошерница в среднем течении р. Днестра). Отложения его слагают нижние аллювиальные свиты восьмых террас рек южной Молдавии и юга Украины и др. В покровных отложениях им отвечает красно-бурая ископаемая почва.

Отложения бошерницкого горизонта вновь охарактеризованы богатой теплолюбивой субтропической фауной моллюсков левантинского типа (бошерницкая фауна) с последними скульптированными унионидами и вивипарами, с преобладанием реофилов. Здесь появляется новый род унионид *Bogatschevia*, а также *Margaritifera* (без латеральных зубов); присутствуют скульптированные *Wenziella, Viviparus, Melanopsis*. Наиболее характерные виды - *Bogatschevia sturi, Margaritifera arca, Potomida wilhelmi, P.szigmondyi, P.pseudosturi, Viviparus vucotinovici*. Они встречаются вместе с солоноватоводными апшеронскими моллюсками Каспийского бассейна. Для этого горизонта характерна фауна млекопитающих одесского комплекса (псекупская фауна) с *Archidiskodon meridionalis meridionalis*, наиболее близкого к типичной форме, описанной из Верхнего Вальдарно (Италия). Лошади представлены крупной формой стеноновой группы *Equus robustus*. Остальные представители крупных млекопитающих близки хапровской фауне. Мелкие млекопитающие характеризуются присутствием некорнезубых полевок рода *Allophaiomys (A.pliocaenicus)* и подрода *Lagurodon (L.arankae* и *L.praepannonicus primaeus)* (Топачевский, 1973). Кроме того, здесь обнаружены *Ellobius kujalnikensis, Villanyia* cf. *petenyii, V.* cf. *hungaricus, Mimomys* cf. *pliocanicus, M.reidi, Clethrionomys* sp. По данным спорово-пыльцевого анализа, на границе акчагыла и апшерона прослеживается похолодание, отвечающее, по-видимому, домашкинскому горизонту. Большая часть нижнего апшерона представлена отложениями, характеризующимися теплолюбивыми спектрами (материалы И.В. Масловой, 1960, исследовавшей керн скважины у г. Кизляр). По-видимому, этому потеплению соответствует время формирования бошерницкого горизонта.

Стратиграфически более высокий каирский горизонт (стратотип у с. Каиры в низовьях Днепра), отложения которого слагают верхние свиты аллювия восьмых террас тех же рек, также характеризуется в общем теплолюбивой несмеяновской фауной моллюсков средиземноморского типа, хотя в ней и фиксируется некоторое изменение климата. В этой фауне возрастает роль лимнофилов и бореальных эле-

ментов. Последние присутствуют в значительном количестве. В реофильной фации отмечается развитие родов *Bogatschevia, Unio, Eolymnium, Viviparus, Fagotia, Lithoglyphus, Theodoxus, Corbicula;* впервые появляется род *Pseudosturia.* Лимнофильная фауна представлена последними *Potamoscapha, Sinanodonta,* а также *Anodonta,* а стагнофильная – *Lymnaea, Planorbis, Coretus, Valvata, Bithynia.*

Группа видов, характерных только для этой фауны, включает *Bogatschevia scutum, Sinanodonta bogatschevi, Potamoscapha tanaica.* Она отвечает среднему апшерону. Млекопитающие характеризуются фауной таманского комплекса с *Archidiskodon meridionalis tamanensis, Equus süssenbornensis, Elasmotherium caucasicum.* В нем присутствуют олени рода *Eucladoceros, Tamanalces, Sus strozzi.* Из мелких млекопитающих обнаружены: *Spalax* aff. *macoveii, Cricetulus* aff. *gritzai, Mimomys intermedius,* M.cf. *newtoni, Clethrionomys sokolovi, Lagurodon praepannonicus tauricus;* характерно присутствие *Eolagurus argyropuloi* (Топачевский, 1965, 1973).

Времени накопления данного горизонта соответствует формирование покровных суглинков на более высоких террасах.

Отложения стратиграфически более высокого ногайского горизонта (стратотип у г. Ногайск в северном Приазовье) слагают нижние аллювиальные свиты аллювия седьмых террас рек южной Молдавии и Украины и их стратиграфические аналоги. Они содержат косницкую фауну пресноводных моллюсков. Это теплолюбивая средиземноморская фауна с явным преобладанием реофилов. Здесь впервые не появляется ни одного нового рода или подрода; все новообразования имеют видовой ранг. Макисмальное развитие здесь получает род *Pseudosturia (P.caudata, P.brusinaiformis),* широко представлены *Potomida (P.sublitoralis, P.kinkelini), Crassiana (C.crassoides), Eolymnium (E. pseudochosaricus).* Вновь появляется род *Pseudunio (P. moldavica).* Специфические для этого комплекса *Potomida sublitoralis, Crassiana davilaiformis, Pseudosturia caudata, P.rossica.* Фауна эта приурочена к верхам среднего апшерона каспийской схемы (верхний эоплейстоцен). Млекопитающие ногайского горизонта также принадлежат таманскому фаунистическому комплексу. В фауне мелких млекопитающих отмечаются *Ellobius kujalnikensis progressus, Dolomys kretzoi, Villanyia* cf. *hungaricus, Mimomys* cf. *reidi,* M. *intermedius kislangensis* и др. Характерно появление *Lagurodon praepannonicus praepannonicus*[1]. Времени накопления этого горизонта соответствует формирование красноцветной почвы в покровных отложениях. Все три последних горизонта, которые составляют скифское звено, отличаются в общем теплолюбивой фауной. Мы сопоставляем их с так называемым ваальским межледниковьем Нидерландов. Внутри него, по данным пыльцевого анализа, также наблюдается некоторое изменение климата в сторону похолодания, совпадающее, по-видимому, с некоторым похолоданием в каирском горизонте. В Центральном Французском

[1] Отнесение к ногайскому горизонту местонахождения "Хлебная зона" с *Pitymys hintoni* геологически не доказано.

массиве этому времени, возможно, соответствует фауна Мальбату и Малутейра, которые датируются около 1 млн. лет и отмечаются как холодолюбивые (Bout, 1973).

В верхах ваалия и в верхах ногайского горизонта, который мы сопоставляем с верхами среднего апшерона Каспийской области, прослеживается эпизод харамильо (0,95–0,89 млн. лет). Таким образом, начало ваалия совпадает с бошерницким горизонтом (нижний или низы среднего апшерона Каспия), охарактеризованным теплолюбивыми спорово-пыльцевыми спектрами. Выше в каирском горизонте (средний апшерон Каспия) прослеживается обеднение состава растительности (зона V И.В. Масловой, 1960), что хорошо совпадает с похолоданием, отмеченным в середине ваалия. В конце среднего апшерона по спектрам выделяются следы потепления климата – зона VI И.В. Масловой, которая может быть сопоставлена с потеплением, отмеченным в ногайском горизонте и в верхах ваалия.

Отложения ногайского горизонта коррелируются с калабрийскими слоями с *Terebratula ampula* и верхами верхнего виллафранка Италии (Ambrosetti et al., 1972).

С регрессией калабрийского моря и заключительными фазами виллафранка мы коррелируем отложения морозовского горизонта (стратотип у с. Морозовка в районе Хаджибейского лимана). Они слагают верхние свиты седьмых террас рек южной Молдавии и Украины и их стратиграфические аналоги, характеризующиеся порткатонской фауной пресноводных моллюсков. Это типичная холодная фауна с обедненным составом. Здесь полностью преобладают лимно- и стагнофилы; теплолюбивых элементов нет; из реофилов есть представители рода *Unio* (*U.* cf. *kujalnicensis*). Наиболее многочисленны бореальные виды *Anodonta* (*A.cellensis*), обычны легочные моллюски *Limnaea, Planorbis,* а также *Valvata, Bithynia.* Эта фауна характерна для верхнего апшерона Каспийского бассейна; местами она встречается вместе с солоноватоводной апшеронской фауной (например, хр. Караджа, Боздаг).

Фауна млекопитающих принадлежит к верхами таманского комплекса. Среди мелких млекопитающих *Spalax* sp., *Citellus* sp., *Pliomys episcopalis, P. kretzoii, Mimomys reidi, Lagurodon arankae* отмечается появление подрода *Prolagurus* (*Pr. pannonicus*) и рода *Pitymys* (*P.hintoni*). С отложениями морозовского горизонта мы сопоставляем спорово-пыльцевые зоны VII–IX разреза скважины у г. Кизляр. В середине зоны VII совершенно исчезает пыльца лиственных пород. В зоне IX господствует степная растительность; среди древесной растительности преобладают сосна и береза. Во время накопления морозовского горизонта формируется толща покровных лёссовидных суглинков на более высоких уровнях террас.

Отложения морозовского горизонта коррелируются с менапием Нидерландов, который подавляющим большинством исследователей сопоставляется со временем гюнцского оледенения. K.Kowalski (1974) указывает, что в Центральной Европе в течение холодного периода, предшествовавшего кромерскому межледниковью (т.е. в менапии) в

фауне мелких млекопитающих появляется *Dicrostonyx*. Он отмечает также, что наиболее древняя форма копытного леминга, описанная из Европы, это *D.antiquitatis* из Валеро (Франция), что и соответствует менапию.

С гюнцем и менапием итальянские исследователи связывают кассийскую эрозионную фазу (Ambrosetti et al., 1972).

Отложения бошерницкого, каирского, ногайского и морозовского горизонтов характеризуются обратной намагниченностью, т.е. относятся к палеомагнитной эпохе Матуяма. Лишь на границе ногайского и морозовского горизонтов прослеживается нормальный эпизод харамильо.

По данным фауны млекопитающих мы выделяем в эоплейстоцене два подраздела: нижний, отложения которого охарактеризованы одесским фаунистическим комплексом (домашкинский и бошерницкий горизонты), и верхний, отложения которого содержат фауну таманского комплекса (каирский, ногайский и морозовский горизонты). Весь эоплейстоценовый раздел соответствует нижней подзоне зоны *Globorotalia truncatulinoides* (*G.truncatulinoides truncatulinoides*).

НИЖНИЙ ПЛЕЙСТОЦЕН

Граница эоплейстоцена и нижнего плейстоцена (или нижнего и среднего плейстоцена западноевропейских схем) приходится на время формирования михайловского горизонта (стратотип у с.Михайловка в нижнем течении Днестра). Отложения михайловского горизонта слагают нижние свиты аллювия шестых террас тех же рек юга Молдавии и Украины и их аналогов, имеют обратную намагниченность и характеризуются повсеместно преобладанием в фауне моллюсков ныне живущих видов или близких к ним форм. В то же время в ней сохранились еще эоплейстоценовые реликты, такие, как *Pseudosturia caudata, Crassiana crassoides, Viviparus pseudoachatinoides*. Наряду с ними появляются типичные плейстоценовые и современные виды: *Viviparus tiraspolitanus, Fagotia acicularis, Corbicula fluminalis* и др. (михайловская фауна). По-видимому, отложениям этого горизонта отвечают верхнецвермагальские слои Гурии, в которых отмечена обратная намагниченность (верхи гурийской Чауды).

Возраст михайловской фауны моллюсков определяется ее совместным нахождением с остатками представителя тираспольского комплекса млекопитающих *Archidiskodon trogontherii* Pohl. в отложениях нижней аллювиальной толщи VI террасы Днестра и датируется началом нижнего плейстоцена. К этому же горизонту мы относим петропавловскую фауну мелких млекопитающих (Александрова, 1973), в которой на фоне типично таманских форм *Lagurodon arankae, L. pannonicus, Pitymys hintoni, Allophaiomys* cf. *pliocaenicus* уже появляется новый род *Microtus* (*Microtus ratticepoides*). Содержащие эту фауну отложения характеризуются обратной намагниченностью.

Верхняя толща аллювия шестых террас, отложения которых относятся к платовскому горизонту (стратотип у с. Платово в северном Приазовье) и толща аллювия пятых террас рек юга Молдавии и Украины и их стратиграфических аналогов характеризуются также остатками млекопитающих тираспольского комплекса. Отложения платовского горизонта содержат обедненную бореальную фауну пресноводных моллюсков без теплолюбивых элементов. Для нее характерны *Unio rumanoides, Crassiana socolovi, Viviparus fasciatus.*

На м. Чауда, в стратотипическом разрезе чаудинских отложений, фауна с *Viviparus pseudoachatinoides* характерна для нижнего горизонта.

Стратотипический разрез колкотовского горизонта – это разрез нижней аллювиальной свиты V (колкотовской) террасы р. Днестра в Колкотовой балке. Она характеризуется богатой, разнообразной фауной пресноводных моллюсков с теплолюбивыми элементами. Значительную часть ее составляют современные виды. Для нее характерны *Viviparus tiraspolitanus, V. kagarliticus, Pseudunio moldavica, P. robusta, Potomida litoralis, P. kinkelini, Crassiana stevenianus, C. mingrelicus.* Элементы этой фауны встречены в чаудинских отложениях м. Литвинова и у с. Нагорное, где она встречается вместе с верхнечаудинскими моллюсками стратотипического разреза на м. Чауда. Эта фауна характеризует достаточно теплый климат, близкий к южнобореальному или средиземноморскому. По фауне мелких млекопитающих отличие между платовским и колкотовским горизонтами почти не улавливается. Они характеризуются появлением нового подрода *Lagurus (L. transiens).* Кроме того, здесь присутствуют поздние *Mimomys (M. intermedius, M. majori), Pitymys gregaloides, P. arvaloides, Microtus arvalinus* и др.

Верхняя толща аллювия той же V террасы, которая относится к окскому горизонту, содержит бореальную фауну с обедненным составом и без теплолюбивых элементов. От богатой колкотовской фауны остаются самые эвритермные виды: *Crassiana crassa, Unio tumidus, U. pictorum, Viviparus acerosus, V. fasciatus* и др.

Млекопитающие всего тираспольского комплекса характеризуют начало нового этапа в развитии фауны (Алексеева, 1974). В его составе *Archidiskodon trogontherii (=wüsti),* мосбахские лошади, носороги Мерка, широколобые лоси и др. Для фауны мелких млекопитающих характерно появление подрода *Lagurus.*

Отсутствие большого серийного материала не позволяет расчленить толщу аллювия V террасы по фауне мелких млекопитающих. Однако отмечается отсутствие в верхнем (окском) горизонте колкотовского разреза некоторых архаичных форм (*Lagurus* cf. *pannonicus*), найденных в нижнем колкотовском горизонте.

По данным А.И. Москвитина (1963), в колкотовском горизонте отмечается степная растительность с *Chenopodiaceae,* васильками, степными астрами с примесью кустарников, шелковицы и липы, а в окском – степная растительность сменилась чисто таежной из сосны и ели.

К верхней аллювиальной толще V террасы, относимой к окскому горизонту, приурочены крупные неокатанные глыбы экзотических пород и следы криотурбаций (Москвитин, 1963).

Всем отложениям выделенных нижнеплейстоценовых горизонтов находятся аналоги в покровной толще. Отложениям михайловского горизонта отвечает последняя красно-бурая ископаемая почва; платовскому горизонту соответствуют покровные суглинки и колкотовскому – коричнево-бурая ископаемая почва.

В нижней части отложений платовского горизонта прослежена граница палеомагнитных эпох Матуяма – Брюнес, датируемая около 700 тыс. лет. Эта же граница прослеживается, по данным H.M.Montfrans'a (1971), в низах первого "холодного" слоя кромерской серии, состоящей из трех "теплых" и двух "холодных" слоев. Таким образом, мы достаточно четко можем сопоставлять отложения первых трех горизонтов плейстоцена (михайловского, платовского и колкотовского), которые мы выделяем в днестровское звено, с кромером Нидерландов.

Отложения платовского горизонта, по-видимому, соответствуют двум "холодным" и одному разделяющему их "теплому" слоям среднего кромера Нидерландов. Фауна позволяет также сравнивать эти горизонты с галерием и портуэнзием (сицилием) Италии. А.Ащароли и П.Амброзетти (1972) отмечают, что начало кромера характеризуется крупной перестройкой континентальной фауны, и связывают ее с общим ухудшением климата в среднем плейстоцене (по западноевропейской шкале). Богатейшие остатки кромерской фауны Италии происходят из отложений разрезов, расположенных в окрестностях Рима, где была установлена корреляция их с морскими отложениями сицилия с *Bolivina catanensis, Cassidulina laevigata carinata, Hyalinea baltica* (формация Понте-Галериа). Эти отложения отделены эрозионным перерывом (кассийская фаза) от подстилающих калабрийских глин и песков с *Arctica islandica*. Фауна Понте-Галериа включает *Megaceros verticornis, Cervus acoronatus, Hippopotamus amphibius, Elephas* cf. *trogontherii, E.* cf. *antiquus, Bos primigenius*.

Интересно отметить, что кромерский комплекс Фойгштедта, по данным К.Эрда (1972), представлен двумя интергляциалами, которые моложе ваалия и древнее гольштейна, т.е. также совпадают со временем формирования голландского кромера.

Окский горизонт, к которому мы относим верхнюю свиту аллювия пятых террас тех же рек и покровные лёссовидные суглинки, сформированные на более высоких террасовых уровнях, определяется нами как соответствующий времени миндельского оледенения.

В палеомагнитной шкале подавляющая часть отложений нижнего плейстоцена соответствует нормальной полярной эпохе Брюнес; лишь отложения михайловского горизонта, отвечающего самым низам кромера Нидерландов, имеют обратную намагниченность. Однако это не дает основания, по нашему мнению, разрывать кромер меж-

ду эоплейстоценом и плейстоценом (или нижним и средним плейстоценом шкалы, принятой в Западной Европе). Отметим, что в разрезе Монжуклы (Туркмения) большая часть отложений тюркянского горизонта, с которого принято в СССР начинать плейстоцен, также имеет обратную намагниченность (Трубихин, 1975). Граница эоплейстоцена и плейстоцена совпадает (?) с нижней границей подзоны *Globorotalia calida calida* и *Sphaerodinella dehiscens excavata*.

В данной статье мы не коснулись анализа средне- и верхнеплейстоценовых отложений; детальная стратиграфия их была разработана ранее (Краснов, Никифорова, 1973) и приведена в приложенной к данной схеме детальной стратиграфии антропогена и верхнего плиоцена внеледниковой области Европейской части СССР. Отметим, что в фауне пресноводных моллюсков, начиная с окского горизонта и выше, намечается чередование теплых и холодных фаун современного типа. Такое же чередование прослеживается и в фауне мелких млекопитающих. По данным А.К. Агаджаняна (1972), отдельные ледниковые и межледниковые эпохи характеризуются определенным составом фауны полевок. Так, для днепровского горизонта типична холодолюбивая фауна (*Dicrostonyx* cf. *simplicior*, *Lemmus* cf. *sibiricus*, *Microtus* cf. *gregalis*, *M.*cf. *oeconomus* и др.). На лесные и влажные условия микулинского межледниковья (микулинский горизонт) указывают *Clethrionomys glareolus* и *Arvicola terrestris*. О холодном и сухом климате времени валдайского оледенения (валдайский надгоризонт) свидетельствуют *Citellus* sp., *Lagurus* sp., *Dicrostonyx* ex gr. *gulielmi-henseli*, *Lemmus* cf. *sibiricus*, *Microtus gregalis* и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Материалы, изложенные в тексте статьи и приложенной к ней схеме (см. вкладку), позволяют заключить о наличии на протяжении данного отрезка времени (около 3,5 млн. лет) неоднократных климатических колебаний. В пределах плейстоцена они приводили к чередованию ледниковых и межледниковых эпох, а в более ранние периоды выражались в виде различной интенсивности и продолжительности эпох похолоданий и потеплений.

Применение климатостратиграфического метода в комплексе с биостратиграфическим и палеомагнитным при изучении нижнего плейстоцена, эоплейстоцена и верхнего плиоцена позволило впервые провести их дробное расчленение и выделить в них (так же, как это было сделано ранее для более молодых отложений плейстоцена) горизонты (климатолиты) и надгоризонты (звенья).

Проведенное сопоставление представленной схемы со схемами юга и севера Западной Европы позволяет предложить ее в качестве основы для создания единой стратиграфической шкалы антропогена и верхнего плиоцена.

ABSTRACT

On the ground of analysis of deposits, remains of mammlian and mollusk fauna, pollen flora, radiometric age and paleomagnetism 15 horizons were established in the Upper Pliocene, Eopleistocene and Lower Pleistocene of the South of the USSR.

The alternation of the "cold" and "warm" horizons corresponding to the climatic fluctuations has been observed. The deposits of these horizons are correlated with appropriate ones in the West, Central and North Europe. It gives the opportunity to consider them to be the basis of the subdivisions of the universal stratigraphic scale. The stratigraphic scheme of the correlation of the USSR Anthropogene with the Northern Europe and Mediterranean is attached.

ЛИТЕРАТУРА

Агаджанян А.К. Леммингговые фауны среднего и позднего плейстоцена. – Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода, 1972, № 39.

Александрова Л.П. Грызуны фаунистических комплексов антропогена юга Европейской части СССР. – Автореф. канд. дисс. М., ГИН АН СССР, 1971.

Александрова Л.П. О "переходных" верхнеплейстоценовых фаунах грызунов. – В сб. "Стратиграфия, палеогеография и литогенез антропогена Евразии". К IX конгрессу ИНКВА, Нов. Зеландия. М., изд. Всесоюзн. ин-та экономико-минерального сырья, 1973.

Алексеева Л.И. Основные этапы развития раннеантропогеновой фауны млекопитающих Восточной Европы. – Автореф. докт. дисс. М., ГИН АН СССР, 1974.

Ацци Ароли А., Амброзетти П. Поздневиллафранкские и ранние среднеплейстоценовые фауны Италии. – В сб. "Геология и фауна нижнего и среднего плейстоцена Европы". М., "Наука", 1972.

Векуа А.К. Квабебская фауна акчагыльских позвоночных. М., "Наука", 1972.

Габуния Л.К., Векуа А.К. Квабебская фауна акчагыльских млекопитающих. – В кн. "Граница третичного и четвертичного периодов". К XXIII сессии Международного геол. конгр. М., "Наука", 1968.

Геохронология СССР, т. III (Поздний плиоцен–четвертичный период). Л., "Недра", 1974.

Горецкий Г.И. Аллювий великих антропогеновых прарек Русской равнины. Прареки Камского бассейна. М., "Наука", 1964.

Китовани Т.Г. Отложения гурийского горизонта и условия их накопления в гурийском нефтеносном районе. – В кн. "Материалы по геологии и нефтегазоносности Грузии". Л., "Недра", 1967.

Китовани Т.Г. О чаудинских и древнеэвксинских отложениях черноморского бассейна. – Труды ВНИГНИ, вып. 115, 1971.

Константинова Н.А. Антропоген южной Молдавии и юго-западной Украины. – Труды ГИН АН СССР, вып. 173, 1967.

Краснов И.И., Никифорова К.В. Схема стратиграфии четвертичной (антропогеновой) системы, уточненная по материалам последних лет. – В кн. "Стратиграфия, палеогеография и литогенез антропогена Евразии". К IX

конгрессу ИНКВА, Нов. Зеландия. М., изд. Всесоюзн. ин-та экономики минерального сырья, 1973.

Крашенинников В.А. Географическое и стратиграфическое распределение планктонных фораминифер в отложениях палеогена тропической и субтропической областей. – Труды ГИН, вып. 202, 1969.

Маслова И.В. Результаты изучения спорово-пыльцевых спектров плиоценовых и четвертичных отложений по керну александрийской опорной скважины (район г. Кизляр). – Труды Всесоюзн. НИИ природных газов, вып.10 (18), 1960.

Москвитин А.И. О строении покровных образований древнейших террас Днестра. – Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода, 1963, № 28.

Неуструев С.С. Об отношениях пластов с Pseudoedule Andrus к аралo-каспийским отложениям в Самарской губ. – Изв. геол. коллоквиума, 1902, т. XXI.

Павлов А.П. Неогеновые и послетретичные отложения южной и восточной Европы. Мемуары геологического отд. любителей естеств., антропол. и этнографии. М., 1925.

Певзнер М.А. Палеомагнетизм и корреляция плиоцен-четвертичных отложений. – В сб. докладов к Междунар. коллоквиуму по проблеме "Граница между неогеном и четвертичной системой". М., изд. Мин-ва культуры СССР, 1972.

Сухов В.П. Позднеплиоценовые мелкие млекопитающие Аккулаевского местонахождения в Башкирии. М., "Наука", 1970.

Топачевский В.А. Насекомоядные и грызуны ногайской позднеплиоценовой фауны. М., "Наукова думка", 1965.

Топачевский В.А. Грызуны таманского фаунистического комплекса Крыма. Киев, "Наукова думка", 1973.

Трубихин В.М. Палеомагнетизм и некоторые вопросы стратиграфии акчагыльских отложений западной Туркмении. – Автореф. канд. дисс. М., ГИН АН СССР, 1975.

Федоров П.В. Роль планетарных трансгрессий в истории внутренних морей (на примере плейстоцена Черного моря). – В кн. "Стратиграфия, седиментация и геология четвертичного периода". К XXIV сессии Международного геол. конгр. М., "Наука", 1972.

Чепалыга А.Л. Антропогеновые пресноводные моллюски юга Русской равнины и их стратиграфическое значение. – Труды ГИН, вып. 166, 1967.

Шатилова И.И. Палинологическое обоснование геохронологии верхнего плиоцена и плейстоцена Западной Грузии. Тбилиси, "Мецниереба", 1974.

Шевченко А.И. О стратиграфическом положении "акчагыльских отложений" Таманского полуострова. – В сб. "Материалы по четвертичному периоду Украины" к IX конгрессу ИНКВА. Киев, "Наукова думка", 1974.

Эрд К. Палинологическое обоснование расчленения среднего плейстоцена ГДР. – В сб. "Геология и фауна нижнего и среднего плейстоцена Европы". М., "Наука", 1972.

Яхимович В.Л. Антропогеновые отложения Южного Предуралья. Антропоген Южного Урала. М., "Наука", 1965.

Ambrosetti P., Azzaroli A., Bonadonna F.P., Folieri M. A scheme of Pleistocene chronology for the Tyrrhenian side of Central Italy. Boll. Soc. geol. ital., 1972, 91.

Ambrosetti P., Bonadonna F.P. Revisione dei dati sul Plio-Pleistocene di Roma. – Atti Soc. Gioenia Catania, s. 6, 18, 1967.

Berggren W.A. Neogene chronostratigraphy, planctonic foraminiferal zonation and the radiometric time-scale. – Hung. Geol. Soc. Bull., 1971, 101.
Bigazzi G., Bonadonna F. et al. Geochronological hypothesis on Plio-Pleistocene boundary in Latium region (Italy). – Boll. Soc. geol. ital. 92, 1973.
Blow W.H. Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. – In: Proc. Ist Internat. Conf. Planktonic Microfossils, Geneva, 1967,1; P. Bronnimann and H.H. Renz (Eds), 1969.
Bonifay M.F. Faunes Quaternaires de France. Etudes francaises sur la Cuaternaire. Paris, 1969a.
Bonifay M.F. Relations entre les paléoclimats et les migrations des grands mammiferes quaternaires en Europe Meridionale. – Quaternaria, XI, Roma, 1969b.
Bout P. La contribution du Massif Central volcanique a la chronologie du quaternaire européen. Symposium Iean IUNG. Géologie. Géomorphologie et Structure profonde du Massif Central français. 1973.
Kowalski K. Earliest appearance of lemmings in the Quaternary of Poland. Colloquium on N/Q Continental Biostratigraphy. 1974.
Lona F., Bertoldi R. La storia del Plio-Pleistocene italiano in alcune Sequenze vegetazion ali lacustri e marine. Memmorie classe die Scienze fisiche, Matematiche e naturali Serie VIII, vol. XI, 1973.
Martini E. Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In: Proc. 2nd Planktonic Conf. Rome, 1970, A. Farinacci (Ed.). Rome, 1971.
Montfrans H.M. van. Paleomagnetic dating in the North Sea Basin. Earth and Planet. Sci. Letters, 1971, 11.
Venzo S. The Plio-Pleistocene boundary in Italy. – Rept VI Internat. Congr. Quaternary. Warzaw, 1961.
Zagwijn W.H. The Pliocene-Pleistocene boundary in western and southern Europe. Boreas. Vol. 3, p. 75–91, Oslo, ISSN. 1974.
Zagwijn W.H., Montfrans H.M., Zandstra J.G. Subdivision of the "Cromerian" in the Netherlands: pollen-analysis, palaeomagnetism and sedimentary petrology. – Geologie en mijnboow, 1971, 50, 41.

В. Н. РАЗУМОВА

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ

Ревизия огромного фактического материала, накопившегося по геологии и разведке древних кор выветривания, показала, что последние представляют собой полигенные образования и включают в себя глинистые и охристые продукты метасоматического выщелачивания трех различных генетических типов, а именно: 1) эпигенетические приразломные глинистые метасоматиты, связанные с активно живущими разломами, осложняющими пенепленизированную поверхность складчатого основания древних и молодых платформ (древние коры выветривания основания осадочного платформенного чехла линейного, контактово-карстового и площадного типов); 2) сингенетические вулканогенные – продукты гидротермально-вадозного выщелачивания поствулканической стадии, связанные с вулканическими комп-

лексами (коры выветривания фумарольно-сольфатарного или цеолитного типа); 3) эпигенетические элювиальные – продукты поверхностного выщелачивания, сформировавшиеся в отличие от обычных элювиальных горизонтов в процессе элювиальной переработки глинистых метасоматитов первых двух генетических типов (интразональные красноцветные глинистые коры выветривания тропиков и субтропиков). Первые две разности кор выветривания образуются при участии гидротермальных растворов, третий – без участия гидротерм. Каждый выделенный генетический тип отличается своими специфическими чертами и закономерностями размещения.

Эпигенетические приразломные глинистые метасоматиты – древние коры выветривания складчатого основания платформ, считавшиеся до сих пор элювиальными образованиями, связаны с древними очагами разгрузки напорных вод и представляют собой верхние краевые фации гидротермальных систем – продукты выщелачивания и цементации зоны смешения грунтовых (вадозных) вод с эндогенными эманациями, поступавшими с глубин по активным крутопадающим разломам (Разумова, 1972, 1975). В процессе гидротермально-вадозного выщелачивания вдоль крутопадающих разломов развивались вертикальные залежи (линейно-трещинные коры) глинистых метасоматитов (глинистые коры или коры химического разложения) или выклинивающиеся с глубиной тела высокоминерализованных пород (инфильтрационные коры), а по оперяющим разломы зонам мелкой трещиноватости возникали залежи глинистых метасоматитов площадного типа (площадные коры), представляющие собой внешнюю приповерхностную часть ореола выщелачивания зоны разлома – пологозалегающие тела, отходящие от крутопадающих залежей (рис. 1). Рудная и жильная минерализация осуществляется в зонах вертикальной разгрузки гидродинамических систем. Поэтому зоны разломов являются "эпицентрами минерализации".

Широкое развитие в приразломных зонах залежей глинистых метасоматитов площадного типа обусловлено тем, что эндогенные эманации и растворы устремлялись вверх по разрезу по узколокальным зонам (разломам и интрузивным контактам), в верхних поверхностных горизонтах земной коры конусообразно растекались в стороны в горизонтальном направлении, используя на пути своего следования водоносные горизонты и горизонты обводненных пород. Растворопроводящими являются не все разломы, а только некоторые из них. Особенно благоприятны для проникновения подземных флюидов тектонические дислокации типа сдвигов, являющиеся крутопадающими нарушениями с горизонтальным смещением блоков горных пород относительно друг друга. Растворопроводящие разломы активны в эпохи орогенеза при дифференцированных подвижках по ним. В соответствии с этим эпохи корообразования отвечают орогенным этапам развития платформенных областей – эпохам воздымания и коробления пенепленизированного платформенного фундамента с образованием расколов, благоприятствующих проникновению эндогенных эманаций в поверхностные, обводненные горизонты земной коры.

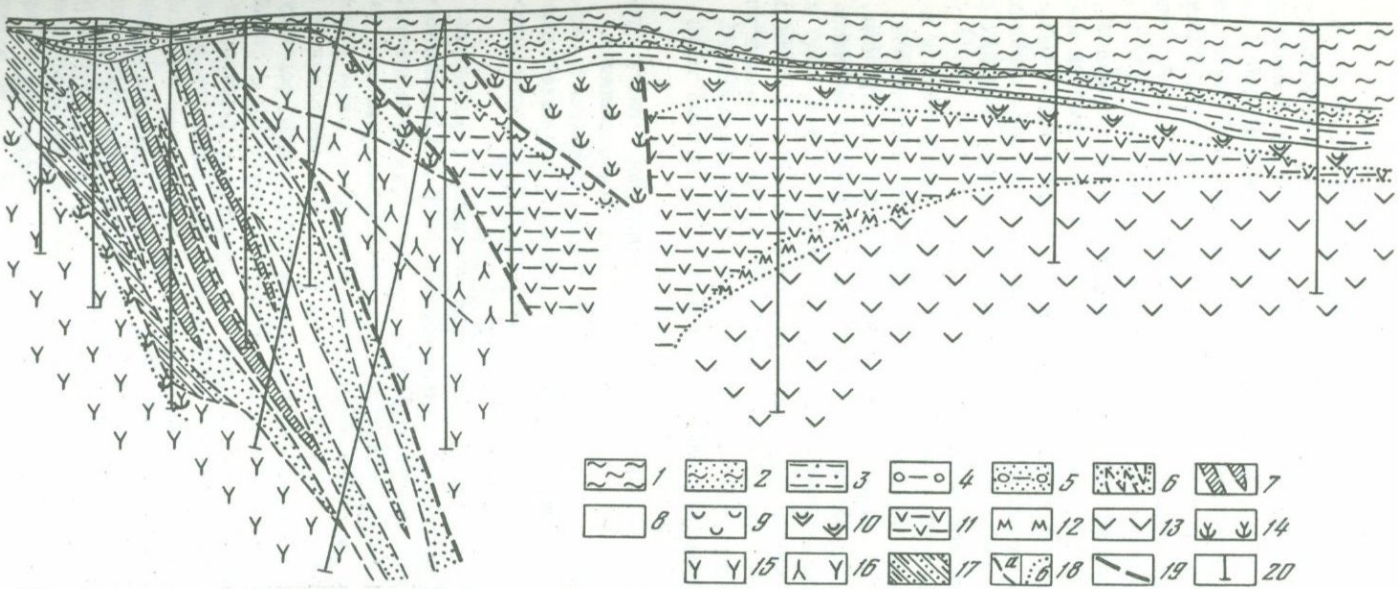


Рис. 1. Схематический профиль коры выветривания трещинно-площадного типа Белининского серпентинитового массива южной части Салаирского гипербазитового пояса (Кочеткова, 1968)

1 – покровные суглинки; 2 – глинисто-песчанистый материал; 3 – песчанистые глины; 4 – пестроцветные глины с обломками контактируемых пород (перемытая кора выветривания); 5 – песчано-глинистый материал с обломками пород; 6 – охры; 7 – кремни охристые; 8 – кремни монолитные; 9 – нонтрониты по серпентиниту; 10 – нонтронитизированные серпентиниты; 11 – выщелоченные серпентиниты; 12 – горизонт магнезитов; 13 – серпентиниты неизмененные; 14 – нонтронитизированные эффузивы; 15 – эффузивы; 16 – меймечитоподобные породы; 17 – осадочные породы: сланцы, песчаники, алевриты и др.; 18 – границы между зонами выветривания (а – предполагаемые, б – прослеженные); 19 – зоны нарушений; 20 – скважины

На молодых (эпигерцинских) платформах основная эпоха корообразования падает на начальный катаплатформенный (Херасков, 1967) этап – на период воздымания и дробления платформенного основания с образованием грабенов: широких тафросинклиналей пермо-триасового возраста и узких грабенов, выполненных триас-юрскими угленосными отложениями, т.е. на эпоху растяжения, а следовательно, и эпоху повышенной проницаемости земной коры (сложнопостроенные зональные нижнемезозойские коры). В соответствии с этим глинистые метасоматиты зон разломов (древние коры выветривания) приобретают широкое региональное распространение там, где наиболее развита вертикальная миграция подвижных компонентов из глубоких недр Земли и происходит интенсивная разгрузка гидродинамических систем (зоны надвигово-моноклинального строения, рифтовые зоны, грабены, зоны длительно живущих разломов, участки с блоковым строением и т.д.).

В древних корах выветривания зон разломов, так же как и в эпитермальных рудных и жильных месторождениях, различаются: 1) первичные ореолы выщелачивания сложнозонального строения, выраженные в монтмориллонит-каолинитовых фациях; 2) жильная фаза, представленная трещинно-жильными телами, прожилками и залежами метасоматического происхождения со сложной сменой одних минеральных парагенезов другими. Эталонными разрезами эпигенетических приразломных кор выветривания (гидротермально-вадозного происхождения) являются древние никеленосные коры выветривания гипербазитовых массивов Урала.

Древние коры выветривания зон разломов платформенного фундамента, считавшиеся до сих пор элювиальными образованиями, наиболее хорошо изучены, так как с ними связан большой и разнообразный комплекс полезных ископаемых: силикатно-никелевые руды, лигнированные железные руды, каолины, минеральные краски, пьезокварцевое сырье и т.д.

Генезис сингенетических вулканогенных глинистых метасоматитов – кор выветривания фумарольно-сольфатного или цеолитного типа – не вызывает сомнения, так как формирование вулканогенных глин осуществляется и в настоящее время на глазах человека на гидротермальных полях современных вулканически активных областей (Камчатки, Курил, Новой Зеландии и т.д.). На современных гидротермальных полях у разломов, выводящих гидротермы, формируются залежи опалитов и вторичных кварцитов с алунитом и серой (в более высокотемпературных фациях – с диаспором, бемитом и пиритом). Вдали же от разломов повышенная обводненность пород способствует развитию гидротермальных глин (площадная глинизация). Образование вулканогенных глинистых метасоматитов связано с трещинной и трещинно-площадной циркуляцией подземных вод в основном по горизонтам вулканокластических пород. Поэтому для вулканогенных глинистых метасоматитов характерна плащеобразная, пластовая и многоярусная форма залегания, унаследованная от вулканокластических пород: туфов и гиалокластитов. Мощность вулка-

ногенных глин может достигать сотен метров (300 – 400 м и более). По данным вулканологов, под действием кислых вод, насыщенных газами, развиваются процессы каолинизации, а на глубине в более щелочных условиях – процессы монтмориллонитизации. Для глинизированных вулканических толщ характерно сочетание разложенных до глины туфов и гиалокластитов с плотными лавами (избирательный метасоматоз в зависимости от фильтрационных свойств горных пород), часто пропилитизированными: хлоритизированными или селадонитизированными, содержащими цеолиты и карбонаты.

Если такого типа вулканогенные глинистые метасоматиты встречаются среди древних толщ, их, как правило, принимают за элювиальные образования – элювиальные коры выветривания площадного типа (рис. 2). Примером могут служить коры выветривания Кушмурунского (Сигов, 1957; Вторушин, Ушатинский, 1960, и др.), Орского (Черняховский, 1963) и Ангренского (Петров, 1967) грабенов.

Глинизация вулканических толщ связана с периодами затишья вулканических извержений, с периодами, когда усиливается поствулканическая деятельность. Следовательно, гидротермальный вулканический процесс, приводящий к формированию глинистых метасоматитов, хотя и не синхроничен формированию вулканических толщ, но связан с тем же циклом вулканизма. Поэтому эпохи корообразования, приводящие к формированию вулканогенных глинистых метасоматитов, отвечают эпохам вулканизма. Эпох таких очень много, так как вулканический процесс связан со многими этапами развития как

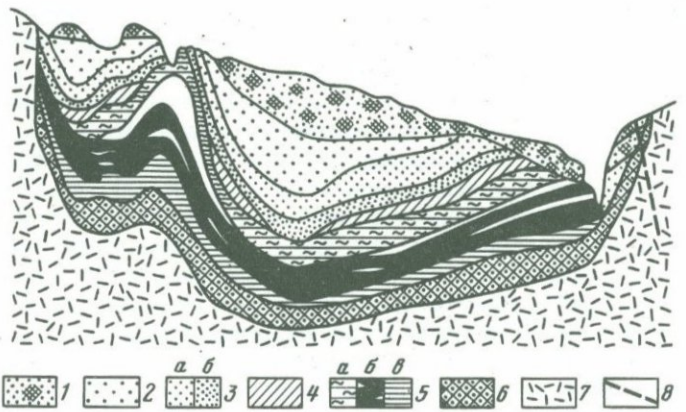


Рис. 2. Схематический разрез Ангренского грабена (Петров, 1967)

1 – четвертичные образования; 2 – неоген; 3 – палеоген (а – известняки и мергели; б – песчаники и глины); 4 – меловые отложения; 5 – юрские породы (а – каолиновая свита, б – угли и каолин, в – базальная свита); 6 – кора выветривания; 7 – кварцевые порфиры и другие породы верхнего палеозоя; 8 – разлом

Отношение вертикального масштаба к горизонтальному – 7:1

платформенных, так и геосинклинальных областей. Поэтому вулканогенные глинистые метасоматиты могут быть встречены в любых тектонических структурах, вмещающих вулканические породы (в эвгеосинклиналях, грабенах, вулканических бороздах и желобах и т.д.).

С вулканогенно-глинизированными породами связаны месторождения бентонитовых глин, высокоглиноземистого сырья и т.д. Опорными разрезами такого типа кор выветривания могут служить вулканогенные, в основном монтмориллонитовые глины среднего эоцена черноморского побережья Аджарии (Разумова, 1971; Черняховский, 1974).

Эпигенетические элювиальные глинистые метасоматиты или красноцветные коры выветривания тропиков и субтропиков (латеритные или красноземные тропические коры) в отличие от приразломных кор платформенного фундамента и вулканогенных кор выветривания развиваются без участия гидротерм и подчиняются климатической зональности. Относятся они к интразональным образованиям, так как развиваются в тропиках и субтропиках не повсеместно, а избирательно по подготовленным к выветриванию горным породам, в первую очередь по приразломным и вулканогенным глинистым метасоматитам монтмориллонитового (смектитового) состава, а также, по-видимому, по сильно пропилитизированным туфам и гиалокластитам, т.е. по породам, интенсивно измененным вторичными постмагматическими процессами. Такие породы выделяются среди других типов горных пород высокой эффективной пористостью (пористость глинистых продуктов гидротермально-вадозного выщелачивания достигает 45-50% и более) и высоким содержанием вторичных зеленоцветных глинистых и чешуйчатых минералов (железистых монтмориллонитов и сапонитов, селадонита, глинистых хлоритов и вермикулитов и т.д.), обладающих в поверхностных условиях благодаря присутствию в решетке окисного или окисного и закисного железа слабой устойчивостью и высокой химической активностью.

Поэтому красноцветные тропические коры в отличие от обычных элювиальных горизонтов пользуются локальным распространением. Так, например, на Либерийском щите, где элювиальный чехол занимает 90% площади, как пишет Б.М. Михайлов (1966), мощные латеритные коры выветривания пользуются весьма ограниченным распространением. На скальных породах элювиальные коры глинистого состава значительной мощности не образуются в связи с низкой химической активностью метеорных вод.

Таким образом, красноцветные элювиальные коры выветривания развиваются в странах с тропическим и субтропическим климатом, как вторичные образования, в основном по ранее образовавшимся корам выветривания гидротермально-вадозного происхождения, т.е. в результате наложения элювиальной глинизации на гидротермально-вадозную. Поэтому красноцветные элювиальные коры тропиков и субтропиков наследуют области распространения приразломных и вулканогенных глинистых метасоматитов и в связи с этим в областях их широкого развития приобретают большое региональное

распространение. Так, например, на черноморском побережье Аджарии красноземные почвенно-элювиальные образования, следуя области распространения вулканогенных монтмориллонитовых глин среднего эоцена, протягиваются на 50 км при ширине полосы до 4-5 км (Разумова, 1971). В Закарпатье красноцветная элювиальная кора выветривания также пользуется региональным развитием и генетически тесно связана с областью распространения вулканогенных глин эоцена Выгорлат-Гутинской гряды (Лебединский, Тарасенко, 1973). На о. Куба латеритные коры охристого состава тяготеют к областям регионального развития древней нонтронитовой коры выветривания гипербазитов (Финько, Корин, 1968) гидротермально-вадозного происхождения и т.д.

Красноцветные каолиновые коры в тропиках и субтропиках постоянно ассоциируют с молодыми базальтовыми и долеритовыми покровами (молодые коры). К этому типу образований относятся профили выветривания базальтовых пород р. Конкуре в Гвинее (Лажуани, Банифа, 1964), разрез латеритной коры, описанной Н.А. Лисициной (1967) во Вьетнаме, В.П. Петровым (1962) - на о. Хайнань и многие другие. В пределах Советского Союза такого типа красноцветные почвенно-элювиальные образования широко развиты на черноморском побережье Аджарии. Здесь они известны под названием батумских красноземов или батумской коры выветривания латеритного типа.

Полный хорошо развитый красноземный почвенно-элювиальный профиль базальтовых пород состоит из двух горизонтов: красноземной почвы (до 1-2 м) и красноцветной глинистой коры выветривания мощностью до 10 м и более, образовавшейся в процессе элювиальной переработки вулканогенных монтмориллонитовых глин базальтовых пород. В основании разреза иногда сохраняются вулканогенные монтмориллонитовые глины - материнские породы красноцветной коры выветривания, которые обычно также включают в элювиальный профиль, что, безусловно, не верно. За элювий часто принимаются и залегающие под почвой зеленовато-серые, вулканогенные монтмориллонитовые глины, не затронутые элювиальным процессом.

Красноцветные элювиальные коры базальтовых пород имеют гетит-каолинитовый состав (каолинит дисперсный с неупорядоченной структурой) и несут следы воздействия перекрывающей их красноземной почвы. С красноземным почвенным процессом связана аккумуляция в элювиальной толще гидроокислов алюминия, марганца и рентгеноаморфных красных гидроокислов железа, придающих верхним горизонтам коры выветривания яркую малиново-красную окраску. Освобождающиеся при почвенном выщелачивании гидроокислы глинозема частично оседают вместе с железом в красноцветном подпочвенном иллювиальном горизонте (в виде алюмогеля, вместе с колломорфным каолинитом), а частично уходят вниз и фиксируются в подошве разреза, образуя прерывистый, не всегда выраженный в разрезе нижний гиббситовый иллювиальный горизонт - горизонт метасоматических бокситов (Разумова, 1973).

Таким образом, мы видим, что железо, алюминий и марганец приобретают значительную подвижность, когда в процесс включаются органические кислоты (Яковлева, 1958; Горецкий, 1960). Красноцветный подпочвенный (иллювиальный) горизонт коры выветривания часто обнаруживает следы оглеения и испещрен прожилками и полосами обеления, сложенными нередко колломорфной массой каолинита, придающими породе характерный "зебровидный" облик.

Таким образом, как нетрудно видеть, все три типа кор выветривания отличаются между собой условиями залегания, строением и закономерностями размещения. Между тем до сих пор все они рассматривались как генетически однотипные образования гипергенного происхождения и описывались под названием древних кор выветривания.

В заключение отметим, что выделение среди кор выветривания, считавшихся до сих пор продуктами элювиального выщелачивания, трех генетических типов, в том числе кор гидротермально-вадозного происхождения, заставляет задуматься над многими вопросами геологии кор выветривания и над их оценкой как источников полезных ископаемых.

ABSTRACT

Old crusts of weathering considered up till now as genetically mono-typed formations of the hypergene origin, are of the polygene nature and include clayey and achrous products of the metasomatic leaching of three genetic types: 1) epigenetic near-fault, products related to actively living faults that complicate the peneplanated surface of the folded basement of old and young platform (old crusts of weathering of the base of the sedimetary platform mantle of the lineal, contact-karst and area types); 2) syngenetic volcanogenic – products of hydrothermal leaching of the post-volcanic stage related to volcanic complexes ("crusts of weathering of the fumarole-solfataric or "Zeolitic" type), and 3) epigenetic eluvial – products of surface leaching formed (contrary to common eluvial horizons) in the process of the eluvial reworking of clayey metasomatites of the first two genetic types (intrazonal) red clayey crusts of weathering of tropics and subtropics). The first two varieties of crusts of weathering form with hydrothermal solutions taking part, the third – without any participation of hydrothermae. Each distinguished genetic type is characterized by their specific features and regularities of distribution.

ЛИТЕРАТУРА

Вторушин А.Н., Ушатинский И.Н. О древней коре выветривания и нижнемеловой толще Тургайской равнины. – Труды Свердловского горн. ин-та, вып. 35, 1960.

Горецкий Ю.К. Закономерности размещения бокситовых месторождений. – Труды ВИМС, вып. 5, 1960.

Кочеткова К.В. Минеральный состав продуктов коры выветривания серпентинитов Белининского массива. – В сб. "Кора выветривания", вып.10. М., "Наука", 1968.
Лажуани Ж.П., Бонифа М. Долериты бассейна реки Конкуре и их латеритизация (Гвинея, Западная Африка). – В сб. "Вопросы геологии и минералогии бокситов". М., "Мир", 1964.
Лебединский В.И., Тарасенко В.С. О гидротермальных глинах и коре выветривания Выгорлат-Гутинской гряды (Закарпатье). – Докл. АН СССР, 1973, т. 209, № 3.
Лисицина Н.А. Генетические типы современных и четвертичных кор выветривания основных пород влажных тропиков. – Литол. и полезн. ископаемые, 1967, № 5.
Михайлов Б.М. Бокситы западных районов Либерийского щита. – В сб. "Генезис бокситов". М., "Наука", 1966.
Петров В.П. О минеральном составе и генезисе бокситов и других продуктов латеритного выветривания. – Геол. рудн. месторожд., 1962, № 4.
Петров В.П. Основы учения о древних корах выветривания. Изд. "Недра", М., 1967.
Разумова В.Н. Гидротермальные монтмориллонитовые глины как материнские породы коры выветривания черноморского побережья Аджарии. – Бюлл. МОИП, отд. геол., 1971, вып. 1.
Разумова В.Н. Роль гидротермальных образований в формировании древних кор выветривания. – Докл. АН СССР, 1972, т. 207, № 3.
Разумова В.Н. Вулканогенные продукты и связанные с ними аккумулятивные, элювиальные и почвенные образования. – В сб. "Стратиграфия и литология антропогена Евразии". К IX конгрессу ИНКВА в Новой Зеландии. М., ГИН АН СССР, 1973.
Разумова В.Н. Об участии гидротермальных растворов в формировании древних кор выветривания. – Докл. АН СССР, 1975, т. 221, № 2.
Сигов А.Н. Кора выветривания Урала. – Разведка и охрана недр, 1957, № 7.
Херасков Н.П. Тектоника и формации. Избр. труды. М., "Наука", 1967.
Черняховский А.Г. Нижнемезозойские коры выветривания Орской депрессии. – Труды ГИН АН СССР, вып. 77, 1963.
Черняховский А.Г. Гиббсит в коре выветривания приморской Аджарии. – Литол. и полезн. ископаемые, 1974, № 1.
Яковлева М.Н. Об аллитной коре выветривания Закавказья. – Труды Всесоюзн. совещания по глинам. Изд. Львовского гос. ун-та, 1958.
Финько В.И., Корин И.З. О корах выветривания и латеритах Кубы. – В сб. "Кора выветривания", вып. 10. М., "Наука", 1968.

Л. Р. СЕРЕБРЯННЫЙ, А. В. РАУКАС

КЛИМАТ И ОЛЕДЕНЕНИЯ ЕВРОПЫ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ

Вопрос о количестве материковых оледенений Европы в позднем плейстоцене вызывает оживленные дискуссии. В СССР одни исследователи признают в послемикулинское время только одно валдайское оледенение, тогда как другие склоняются к признанию, по край-

ней мере, двух самостоятельных оледенений. Ввиду невозможности в данной статье сделать полный обзор обширной литературы по данной проблеме отметим лишь, что благодаря внедрению новых (главным образом, радиоизотопных) и совершенствованию традиционных (палинологического, диатомового, литологического и др.) методов, а также в связи с появлением неопровержимых геологических материалов даже ортодоксальные сторонники единого валдая были вынуждены признать трехчленность его подразделения с двумя холодными и промежуточным теплым интервалами. Суть разногласий теперь в основном сводится к установлению таксономического ранга внутривалдайского потепления: теплое или прохладное межледниковье, продолжительный мегаинтерстадиал и т.д. Только в единичных работах (Чеботарева, Макарычева, 1974) еще повторяется старая трактовка единого валдая – вюрма с длительным наращиванием размеров ледникового покрова на севере Европы.

На наш взгляд, независимо от выяснения таксономического статуса средневюрмского потепления ледниковые покровы раннего и позднего вюрма в палеогляциологическом отношении были адекватны самостоятельным оледенениям, распространявшимся на более или менее равные по площади территории Европы.

Пока еще не установлено, когда оледенение достигало максимального развития в позднем плейстоцене. Вероятнее всего, это произошло в раннем вюрме, когда сформировалась бологовская (бранденбургская) краевая ледниковая зона. Такое предположение четко согласуется с общей тенденцией к последовательному сокращению размеров ледниковых покровов в Европе со времени максимального (днепровского, рисского) оледенения.

В пользу предлагаемой трактовки свидетельствует большой набор геоморфологических и литологических данных (Серебрянный, Раукас, 1970). Развитие свежих гляцигенных форм рельефа вепсовской (померанской) краевой ледниковой зоны, маркирующей предельное распространение ледников позднего валдая–вюрма, резко контрастирует с внешней (бранденбургско–франкфуртской) зоной валдайского оледенения (Соколов, 1949), в пределах которой конечноморенные гряды и холмисто–моренные ландшафты часто разобщены на изолированные массивы и в значительной степени выположены. В этой полосе сказалось более длительное воздействие эрозионно-денудационных процессов к югу от Главного моренного пояса – ведущего морфологического рубежа северо–запада Русской равнины.

Другими не менее существенными аргументами служат: характер распространения покровных отложений (не заходящих в вепсовскую краевую зону), резкая контрастность в абсолютной плотности озерных котловин (Серебрянный, Чукленкова, 1973), неодинаковая глубина вымывания карбонатов в моренах (Гальвидите, Янкаускайте, 1971), различная степень выветрелости обломочного материала, в том числе эрратических валунов (Тарвидас, 1957).

Эти очевидные геолого–геоморфологические факты многими исследователями игнорируются. Во всяком случае, о них почти не

упоминают после появления радиоуглеродных датировок растительных остатков из разрезов, расположенных близ границы распространения валдайских – вюрмских льдов на севере Белоруссии (Вознячук, 1972, и др.) и в центре ГДР (Cepek, 1965). Между тем для решения столь ответственного вопроса необходим всесторонний подход.

Как известно, веских аргументов, доказывающих перекрытие датированных по C^{14} отложений именно верхневалдайской–верхневюрмской мореной не существует. Кроющие слои представлены аллювием либо флювиогляциальными осадками, возраст которых не вполне ясен, либо маломощной и, вероятно, переотложенной мореной, которая совершенно не изучена литологически. Только в разрезе Шапурово на северо–востоке Белоруссии органогенные отложения, датированные по C^{14} в 22 430±210 (ЛУ – 91), 29 150±±850 (ЛУ – 78А) и 36 400±800 лет назад (ЛУ – 92В), несомненно, находятся под первично залегающей донной мореной. Однако палеоботаническая характеристика этих отложений, свидетельствующая о термофильной межледниковой обстановке, совершенно не согласуется с хроностратиграфической позицией (анагляциал).

Обращает на себя внимание тот факт, что в странах Северной Европы многие исследователи согласились с наличием крупного внутривюрмского потепления, но отрицают существование ранневалдайского – ранневюрмского оледенения. Они предполагают, что в раннем вюрме ледники не выходили за пределы Фенноскандии. С этим предположением нельзя согласиться. Даже учитывая большую продолжительность вюрма (по новейшим данным, не менее 100 000 лет), трудно предположить лишь однократное распространение ледникового покрова (и при допущении его значительных колебаний) тем более, что деградация последнего оледенения, по общеизвестным фактам, охватывала весьма незначительное время.

В пользу двукратной активизации покровного оледенения в позднем плейстоцене свидетельствуют: палеогеографическая концепция К.К. Маркова (Марков, Суетова, 1964) о неустойчивости древних ледниковых покровов в умеренных широтах; астрономо–математическая модель М.Миланковича (1939) и его последователей; ритмо–климатические закономерности (Краснов, 1969; Зубаков, 1968); опыты С.Я. Сергина (1968 и др.) по моделированию системы "земная поверхность – атмосфера" на ЭВМ непрерывного действия; многочисленные данные по изучению глубоководных океанических осадков и изотопного состава ледниковых покровов Антарктиды и Гренландии; результаты исследований пещерной седиментации в Альпийской области (Geyh, 1970); наличие двух четко обособленных верхнеплейстоценовых моренных горизонтов даже в районах максимального распространения позднеплейстоценовых оледенений (Вонсавичюс, 1967, и др.); материалы палинологического изучения отложений древних озерных котловин Клинско–Дмитровской гряды, а

также факты о резком понижении уровня Мирового Океана в раннем вюрме (James et al., 1971; Konishi et al., 1970).

Временные диапазоны ранне- и поздневюрмского оледенений установлены приближенно. Возраст ранневюрмской океанической регрессии ориентировочно оценивается в интервале 80 000 – 50 000 лет назад, причем пик ее, видимо, имел место в интервале 60 000 и 50 000 лет (Lamb,1971). Последнюю цифру можно условно считать верхней границей ранневюрмского оледенения, тогда как нижняя граница пока еще не уточнена.

В середине вюрма вся Фенноскандия освобождалась от ледникового покрова и там складывалась система природных зон, сходная с современной. Таким образом, есть основания признавать наличие интервала с межледниковыми условиями (карукюлаское межледниковье), по продолжительности сопоставимого с голоценом. По окончании этого интервала началось длительное предледниковье (анагляциал), отличавшееся довольно значительными сменами природных обстановок. В области Скандинавского нагорья активизировались ледниковые процессы.

Около 31 000 лет назад горное оледение в Фенноскандии достигло значительных масштабов и широкие ледниковые лопасти распространились на предгорных плато. После небольшого потепления, характеризовавшегося частичным сокращением или стабилизацией оледенения в период 29 000 – 24 000 лет назад (ингебекский межстадиал), возобновилось покровное оледенение. Основной этап разрастания поздневюрмского ледникового покрова укладывался в рамки от 24 000 до 16 000 – 17 000 лет назад, а этап дегляциации в целом продолжался от 16 000 до 8500 лет назад. Таким образом, распад Северо-европейского ледникового щита происходил быстрее по сравнению с его формированием, по-видимому, охватывавшим значительную часть анагляциала.

Существует традиционное представление о том, что во время наибольшего развития покровных оледенений в перигляциальных областях Европы господствовал холодный сухой климат и не было подходящих условий для произрастания лесов. Изучение ископаемой пыльцы и спор из лёссовых районов (Гричук, 1972; Серебрянная, 1972, и др.) показало, что во время холодных этапов позднего плейстоцена значительную роль в ландшафтах средней полосы Русской равнины играли таежные формации, тогда как открытые перигляциальные сообщества могли быть приурочены к более возвышенным участкам рельефа.

Благоприятная обстановка для произрастания бореальных лесов могла складываться под влиянием отепляющего эффекта ледниковых покровов на сѐвере Европы. Эти покровы создавали сомкнутый орографический барьер, который изолировал перигляциальные области Европы от вторжений арктического воздуха (Гросвальд, Серебрянный, 1970). Через Восточно-Европейскую равнину на периферические части ледникового щита распространялись влагонесущие воздушные потоки из Средиземноморской области. Именно благодаря

поступлению этих осадков на южной периферии щитов активизировались процессы воздействия льда на ложе. Таким образом, новые фактические данные меняют представления о дефиците увлажнения в перигляциальной зоне, а также о режиме ледниковых покровов во время позднеплейстоценовых оледенений.

ABSTRACT

New investigations maintain the threefold subdivision of Würm. Although there are no common difinitions of the inter–Würmian warm interval, Early and Late Würmian ice transgressions may be considered as independent glaciations. Taking into account a wide variety of geological and geomorphological arguments (reworking of glaciogenetic landscapes, extent of superficial loams and silts, density of lakes, leaching depth of carbonates in tills, weathering degree of debris and boulders) we assume that ice sheet had larger dimensions during the Early Würm, when the Brandenburg (Bologoye) ice–marginal zone was formed (between 60,000 and 50,000 years B.P.). The Pommern (Vepsovo) ice–marginal zone was formed about 17,000 – 16,000 years B.P. during the Late Würm. The degradation of the last glaciation processed very quickly in contrast to its prolonged formation. Recent palynological results from the loess areas indicate that boreal woodlands were very common during the Late Pleistocene glaciations. Former standpoints on humidity shortage of periglacial regions and on the nourishment of inlandice may be revised.

ЛИТЕРАТУРА

Вознячук Л.Н. Возраст максимальной стадии валдайского оледенения на северо–западе СССР и основные фазы деградации ледника. – Вопросы четвертичной геологии (Рига), вып. 6, 1972.

Вонсавичюс В.П. Строение четвертичных отложений юго–западной Прибалтики. – Труды Ин–та геологии (Вильнюс), вып. 5, 1967.

Гальвидите Д., Янкаускайте М. Карбонатность моренного суглинка и глубина вымывания карбонатов в восточной и средней Литве. – Научные труды высш. учебн. завед. ЛитССР, география и геология, 1971, № 8.

Гричук В.П. Основные этапы истории растительности юго–запада Русской равнины в позднем плейстоцене. – В кн. "Палинология плейстоцена". М., "Наука", 1972.

Гросвальд М.Г., Серебрянный Л.Р. География материкового оледенения севера Европы в верхнем плейстоцене. – Материалы гляциологических исследований, хроника – обсуждения, вып. 17. М., "Наука", 1970.

Зубаков В.А. Климатостратиграфия плейстоценовых (четвертичных) отложений и ее основные проблемы. – Труды ВСЕГЕИ, нов. сер., 1968, т. 143.

Краснов И.И. Теория палеоклиматической ритмичности и ее значение как основы стратиграфии и картирования четвертичных отложений. Л., "Недра", 1969.

Марков К.К., Суетова И.А. Эвстатические колебания уровня океанов. – В кн. "Современные проблемы географии". М., "Наука", 1964.
Миланкович М. Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата. М.–Л., ОНТИ, 1939.
Сергин С.Я. Исследование динамики колебаний климата и оледенения на протяжении четвертичного периода. – Изв. АН СССР, сер. геогр., 1968, № 6.
Серебрянная Т.А. Палеофитологическая характеристика лёссов из разреза у пос. Карачиж в районе г. Брянска. – В кн. "Палинология плейстоцена". М., "Наука", 1972.
Серебрянный Л.Р., Раукас А.В. Новые пути и методы изучения ледниковой истории Русской равнины в верхнем плейстоцене. – Географический сб., вып. 4. М., ВИНИТИ, 1970.
Серебрянный Л.Р., Чукленкова И.Н. Густота озер как показатель возраста гляцигенной морфоскульптуры. – Геоморфология, 1973, № 4.
Соколов Н.Н. Геологическое строение и история развития рельефа Северо-Запада РСФСР. – В кн. "Северо-Запад РСФСР". М.–Л., Изд-во АН СССР, 1949.
Тарвидас Р. Некоторые предварительные данные изучения кристаллических валунов на территории Литвы. – Научные сообщения Ин-та геологии и географии АН ЛитССР, т. 4. Вильнюс, 1957.
Чеботарева Н.С., Макарычева И.А. Последнее оледенение Европы и его геохронология. М., "Наука", 1974.
Cepek A.G. Geologische Ergebnisse der ersten Radiokarbondatierungen von Interstadialen im Lausitzer Urstromtal. – Geologie, 1965, Jg. 14, H. 5–6.
Geyh M.A. Zeitliche Abgrenzung mit ^{14}C-Daten von Kalksinter und organischen Substanzen. – Beih. Geol. Jahrb., 1970, N 98.
James N.P., Mountjoy E.W., Omura A. An early Wisconsin reef terrace at Barbados, West Indies, and its climatic implications. – Bull. Geol. Soc. America, 1971, v. 82, N 7.
Konishi K., Schlanger S., Omura A. Neotectonic rates in the Central Ryukyu Islands derived from ^{230}Th coral ages. – Marine Geol., 1970, v. 9, N 4.
Lamb H.H. Climates and circulations regimes developed over the Northern Hemisphere during and since the Last Ice Age. – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1971, v. 10, N 2–3.

Т. С. ТРОИЦКАЯ

СЛЕДЫ ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВОЙ РЕГРЕССИИ И ГОЛОЦЕНОВОЙ ТРАНСГРЕССИИ В ЯПОНСКОМ МОРЕ

(по фораминиферам)

Материалом для настоящей статьи послужили результаты исследования фораминифер из проб грунта, взятых более чем на 350 местонахождений, расположенных на побережье Южного Приморья, на западном шельфе, в центральной части Японского моря и Корейском проливе. Образцы были получены от сотрудников Дальневосточного научного центра (ДВНЦ) Б.И. Васильева, А.М. Короткого, Ю.Д.Мар-

кова, М.А. Репечки, В.И. Чайникова и геолога Приморского геологического управления Б.Л. Хершберга; кроме того, были использованы собственные сборы автора, сделанные во время полевых сезонов 1966–1972 гг.

Исследования фораминифер проводились по единой методике (Троицкая, 1973, 1974); кроме определения видов подсчитывалось их процентное соотношение и проводился экологический анализ комплексов. Объем статьи позволяет изложить только основные результаты биофациального анализа комплексов фораминифер и их изменений, вызванных сменой абиотической среды.

Изучение микрофауны из 420-сантиметровой колонки донных отложений (на глубине моря 3600 м в 120 км от побережья Южного Приморья) показало, что, по крайней мере, с позднерисского времени Японское море не теряло связи с океаном, о чем свидетельствует постоянное присутствие планктонных фораминифер во всех слоях разреза (Шарудо и др., 1973). Соответственно общие колебания уровня океана должны были охватывать и Японское море.

Присутствие эстуарно-лагунного вида *Jadammina macrescens* в алевритовых слоях основания 4-метровой террасы, в 20 км от современной береговой линии зал. Посьета, под слоем торфа, абсолютный возраст которого около 46 тыс. лет, позволяет предполагать, что в рисс-вюрмское время уровень моря был несколько выше современного. В бух. Золотой Рог морские отложения того же возраста лежат также под слоем торфа, но уже на отметке –16,8 м (глубина моря 9,5). Судя по комплексу фораминифер, в котором преобладают виды рода *Elphidium* (6 из 12), а на долю *E.kusiroense* и *E.etigoense* падает 70%, осадки этих слоев накопились в зоне внутреннего шельфа.

В центральной части Корейского пролива, где глубина моря 150 м, установлены следы глубокой поздневюрмской регрессии. Там, на отметке –151,2 м в 30-сантиметровом прослое пелитовых и алевритовых илов с обильными остатками растений найден мелководный комплекс фораминифер, в котором преобладает *Quinqueloculina* aff. *stalkeri*, а из планктонных форм встречаются только единичные экземпляры *Globigerina pachyderma* и *G.bulloides*. Особенности комплекса указывают на прекращение притока субтропических вод, полное или почти полное осушение южных проливов и сохранение свободной связи с океаном только через северные. Глубина пролива в это время, видимо, не превышала 20–30 м. На отметке –150,6 м эти слои перекрыты голоценовыми накоплениями, содержащими резко отличный богатый тепловодный комплекс фораминифер с *Globorotalia, Rotalia, Robulus, Lagena, Dentalina, Bolivina.*

Наиболее ранние фазы позднеледникового повышения уровня моря установлены на западном шельфе в 10 км от о. Аскольд, где на отметке –86,6 м (глубина моря 85 м) лежат среднедриасовые мелководные отложения с *Ammonia beccarii*, перекрывающиеся на отметке –86,0 м более глубоководными аллерёдскими слоями с *Buliminella elegantissima* и *Uvigerina akitaensis*. В куте Амурского

залива клин мелководных аллерёдских морских отложений залегает между двумя пачками речных песков на отметках от -49,3 до -47,3 м. На выходе из залива те же слои с *Cibicides* sp. и *Cribroelphidium goesi* лежат на глубине -36,5 м.

Частичная регрессия позднедриасового времени отразилась в формировании, в пределах внутренней зоны шельфа Южного Приморья, поверхности размыва и континентальных отложений, в которых фораминиферы не встречены. Континентальные отложения перекрыты голоценовыми морскими слоями с богатым комплексом микрофауны.

Ход голоценовой (фландрской) трансгрессии отчетливо прослеживается по смене фаций и комплексов фораминифер в разрезах донных отложений шельфа Южного Приморья. Особенно четко это можно проследить в разрезе осадков Амурского залива (Троицкая, 1974). В основании разрезов, на отметках от -47,2 до -26,8 м лежат пребореальные лагунно-эстуарные слои с микрофауной плохой сохранности (9 видов, преобладает *Trochammina inflata).* Бореальные слои представлены мелководными морскими отложениями, содержащими 37 видов (преобладают *Ammonia beccarii, A.japonica* и *Cribroelphidium asterineus).* Комплекс из атлантических слоев (80 видов), отражающий максимум трансгрессии и температурный оптимум, содержит *Dentalina ittai, Tappanella nipponica, Glabratella ozawai,* несколько видов *Lagena, Fissurina, Oolina, Parafissurina, Bolivina.* При переходе к суббореальным слоям фациальных изменений не наблюдается, но заметно сокращается общее число видов (до 66), исчезают многие тепловодные формы.

Состав микрофауны из нижней части субатлантических слоев отражает не только глубокое похолодание (резкое исчезновение тепловодных видов, сокращение общего их числа до 31, появление холодноводного *Globigerina pachyderma),* но и некоторое снижение уровня моря (в комплексе повышается процент *Trochammina inflata* и *Eggerella advena).* Повторное увеличение числа видов до 67 и появление тепловодного *Globorotalia tumida* в верхней части субатлантических слоев шельфа, вероятно, связаны также с эпизодическим повышением уровня моря, закончившимся около 600 лет назад и оставившим в низкой береговой террасе зал. Восток, в 1,5 м над уровнем моря, прослой торфа (абсолютный возраст 575±75 лет) с *Jadammina macrescens* и *Miliammina tichangouensis* (Троицкая и др., 1971).

Голоценовая седиментация концентрировалась в заливах, где мощность отложений достигает 23-25 м, в устьевых участках заливов она сокращалась до 2,5 м, а в открытых частях моря не превышала 20 см. Сходные данные получены для Японского моря и другими исследователями (Kaseno, 1972; Васильев и др., 1973).

Основные этапы изменения уровня Японского моря в позднем плейстоцене и голоцене, восстановленные по результатам изучения фораминифер из разрезов Южного Приморья, западного шельфа и Корейского пролива хорошо совпадают с данными, полученными

японскими исследователями для восточного шельфа моря и океанических берегов Японии (Fujii, Fujii,1967; Fujii, 1969; Fujii, Mogi, 1971; Shibasaki, Aoki, Kuwano, 1971). Общая картина колебаний: межледниковая (рисс–вюрмская) трансгрессия, глубокая регрессия поздневюрмского времени и позднепослеледниковая (фландрская) трансгрессия – оказывается идентичной ходу изменения уровня Мирового Океана, установленного для стабильных побережий многими исследователями.

ABSTRACT

The Sea of Japan has never lost connection with the Ocean, at least since the Late-Riss time. This is confirmed by constant presence of planctonic Foraminifera throughout the 420–cm core of bottom deposits taken from the central part of the Sea. The level of the Sea in the Riss–Würm time was slightly higher than at present: estuarine–lagoon beds with Jadammina macrescens were found in the aleurites of a 4–m terrace at a distance of about 20 km from the shore of the Posyet Bay. It is overlain by Middle–Würm peat (46.000 years B.P.).

The traces of the deep Late–Würm regression were found in the central part of the Korean Strait at a depth of 151,2 m. In a 30 cm layer with abundant plant remains a nearshore complex of benthonic Foraminifera was found. Only Globigerina pachyderma and G.bulloides being the forms of plankton met. The complex peculiarities indicate the absence of the subtropical current and the retention of the connection with the ocean only through the northern straits.

The earliest stages of Late–Glacial transgression were traced on the Western Shelf near the Askold Island. Middle–Drias nearshore deposits with Ammonia beccarii are at the level of 86,6 m and they are overlain by allerodian sediments.

The Holocene transgression left visible evidence in the form os succession of facies and microfaunal complexes found in the sections of bottom sediments near the shore of Southern Primorye. They are as follows: Preboreal lagoon and estuarine Bed (at the level of –47.2m – 26.8m) remains of 9 species: – Boreal shallowwater Bed with 37 species (mainly Ammonia beccarii); – Atlantic Bed with 80 species including Dentalina ittai, Tappanella nipponica, Glabratella ozawai and others warm–water species; – Subboreal Bed represented in the same facies by fewer species (66), many thermophilic forms having disappeared; – The microfauna of the lower part of the Subatlantic Bed gives evidence of some lowering of the Sea leveland of a marked fall of water–temperature (the number of species is as smal as 31, and coldwater Globigerina pachyderma appears); – The new increase of the number of species in the upper part of the Subatlantic Bed (67 species) and the appearance of Globorotalia tumida mast be due to the occasional uplift of the Sea level terminated before the XIV–th century, which caused the appearance of a thin of layer with estuarine

species Jadammina macrescens and Milliammina tichangouensis on the low shore terrace (at the level of + 1.5 m) in Vostok Bay.

The general picture since Riss–Würm age is identical to that of the change near the Japan coasts and of the World Ocean level.

ЛИТЕРАТУРА

Васильев Б.И., Репечка М.А., Караулова Л.П. О скорости осадконакопления голоценовых отложений в северо-западной и центральной частях Японского моря. – В сб. "Вопросы геологии дна Японского моря" Владивосток, изд. ДВНЦ, 1973.

Троицкая Т.С. Фораминиферы западного шельфа Японского моря и условия их обитания. – В кн. "Вопросы биогеографии и экологии фораминифер". – Новосибирск, "Наука", 1973.

Троицкая Т.С. Миграционная последовательность комплексов бентоносных фораминифер в голоценовых осадках Амурского залива (Японское море) – В сб. Среда и жизнь в геологическом прошлом". Новосибирск, "Наука", 1974.

Троицкая Т.С., Короткий А.М., Караулова Л.П., Царько Е.И. Новые данные о послеледниковой трансгрессии на западном побережье Японского моря. – Докл. АН СССР, 1971, т. 196, № 2.

Шарудо Е.А., Троицкая Т.С., Репечка М.А. Изменение температуры вод Японского моря в позднечетвертичное время (по планктонным фораминиферам). – В сб. "Плейстоцен Сибири и смежных областей". Новосибирск, "Наука", 1973.

Fujii S. Sea level changes in Japan during the 11.000 years. VIII Congr. INQUA, Resumés des Communications. Paris, 1969.

Fujii S., Fujii N. Postglacial sea level in the Japanese Islands. – J. Geosci. Osaka Sity Univ., 1967, 10.

Fujii S., Mogi A. On coasts and shelves in their mutual relations in Japan during Quaternary. – "Quaternaria", 1971, 12.

Kaseno Y. Geological features of the Japan Sea floor: review of recent studies. – Pacif. Geol., 1972, N 4.

Shibasaki T., Aoki, Kuwano Y. Significance of buried valleys and other topographies in elucidating the Late Quaternary Geohistory of Japanese Coastal Plains. – "Quaternaria", 1971, 14.

П. В. ФЕДОРОВ

ЗАКОНОМЕРНОСТИ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЕЙ КАСПИЙСКОГО, ЧЕРНОГО И СРЕДИЗЕМНОГО МОРЕЙ В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ

Гляциоэвстатическая природа трансгрессий и регрессий Океана в позднем плейстоцене и голоцене в настоящее время общепризнана; при этом первые связываются с межледниковьями (потеплениями), а вторые – с оледенениями (похолоданиями). Отмечается глобальная синхронность развития рисс-вюрмской трансгрес-

сии, гримальдийской (вюрмской) регрессии и фландрской (послеледниковой) трансгрессии.

Изменения уровня Средиземного моря полностью соответствовали изменениям уровня Мирового Океана. Сложнее протекали изменения уровней изолированных озерно-морских бассейнов и внутренних морей, периодически сообщавшихся с Океаном.

Рассмотрим эту проблему на примере истории Каспийского и Черного морей. Каспий – уникальный озерно-морской солоноватоводный бассейн, который в течение плиоцена и плейстоцена был изолирован от Океана и лишь периодически сбрасывал свои избыточные воды через Манычскую долину в Азово-Черноморскую область. Колебания его уровня определялись главным образом климатическими изменениями и не зависели от гляциоэвстатических колебаний уровня Мирового Океана.

Развитие трансгрессий Каспия было связано с увеличением влажности климата (и похолоданием), а регрессий – с уменьшением влажности и аридизацией. При этом трансгрессии Каспия некоторыми исследователями связываются с ледниковыми эпохами, а регрессии – с межледниковьями. Если основываться на развитии великой раннехвалынской трансгрессии, то она, по-видимому, совпадала со второй половиной оледенения, а ее максимум соответствовал концу оледенения. Основание для такого вывода – то, что нижнехвалынские отложения непосредственно подстилаются ательской свитой, содержащей остатки мамонтовой фауны и холодолюбивой растительности, рассматриваемой большинством геологов в качестве перигляциальной формации калининского оледенения (вюрма-1).

Позднехвалынская трансгрессия соответствовала второму верхнеплейстоценовому оледенению (вюрму-2), что подтверждается, в частности, радиоуглеродными датировками самой молодой (дагестанской) позднехвалынской террасы 11(12) тыс. лет. Это хорошо согласуется с последним значительным похолоданием и продвижением скандинавского ледника (сальпаусселькя).

Изменения уровня Черного моря протекали сложнее. Как я уже неоднократно отмечал, Черное море – своего рода связующее звено в истории развития южных морей Европы, так как здесь отражались как гляциоэвстатические трансгрессии и регрессии Океана (Средиземного моря), так и трансгрессии Каспия. Взаимосвязь этих явлений проще проанализировать на примере истории Черного моря в позднем плейстоцене и голоцене.

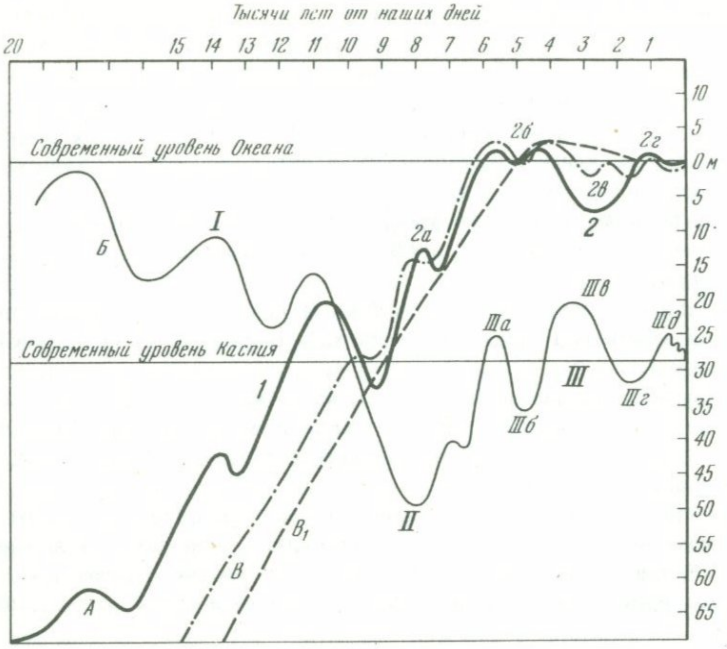
Карангатская трансгрессия Черного моря, ознаменовавшаяся широким расселением средиземноморской фауны, являлась типичной межледниковой трансгрессией, с которой были связаны самое значительное (за всю его плиоцен-плейстоценовую историю) осолонение моря (до 25–30‰) и повышение его уровня до 8–10 м над современным. Наиболее вероятно ее сопоставление с рисс-вюрмской неотирренской (ульжинской) трансгрессией Средиземного моря.

Налегание верхнехазарских отложений на карангатские в западной части Манычской долины свидетельствует об одностороннем сбросе каспийских вод в Азово-Черноморскую область уже в начале послекарангатской регрессии, а не во время карангатской трансгрессии, так как в противном случае Манычский лиман Карангатского моря не был бы заселен средиземноморской фауной моллюсков. Следовательно, если карангатская трансгрессия отвечала глобальной межледниковой трансгрессии (рисс-вюрм), то верхнехазарская трансгрессия Каспия, начавшаяся в конце этого межледниковья, развивалась далее в начале последующего увлажнения и похолодания. Если это так, то верхнехазарская трансгрессия, незначительная по своему уровню, имела свой максимум в конце последнего межледниковья и в самом начале похолодания, за которым следовало калининское оледенение.

Послекарангатская регрессия Черного моря достигла отметок минус 70-80 м (возможно, и ниже). Она была связана в основном с гляциоэвстатической вюрмской регрессией Средиземного моря (Океана). Согласно новым данным бурения в Босфоре, ложе этого пролива врезано в скальные породы до глубины минус 100 м. Выше залегают рыхлые отложения, стратиграфически не расчлененные и относящиеся к послеузунларскому времени. Учитывая глубину послекарангатской регрессии 70-80 м, принимаемую большинством исследователей, можно считать, что врез ложа Босфора в послекарангатское время достигал отметок минус 80-90 м.

Большой интерес представляет развитие последующей новоэвксинской трансгрессии. Трансгрессивный (ингрессионный на мелководьях шельфа) характер залегания новоэвксинских отложений и высотное положение их кровли на дне Черного и Азовского морей указывают, что их накопление связано с трансгрессией, развивавшейся от отметок минус 70-80 м до минус 20. Отсутствие средиземноморских элементов (даже наиболее эвригалинных) в составе сильно обедненной солоноватоводной фауны Черного моря того времени позволяет утверждать, что эта трансгрессия представляла собой трансгрессию каспийского типа, развивавшуюся в условиях значительного притока речных вод. Что касается влияния глобальной позднеледниковой трансгрессии, то оно проявлялось лишь в виде гидродинамического подпора и не сказывалось на химическом режиме Черного моря, так как на протяжении всей новоэвксинской трансгрессии имел место односторонний сброс его избыточных вод через Босфор в область Средиземного моря без какого-либо заметного притока соленых средиземноморских вод. При этом сброс избыточных вод в область Средиземного моря лимитировался отметкой дна Босфорского пролива.

Согласно большинству авторов, развитие новоэвксинской трансгрессии происходило в интервале времени от 17-15 до 11-10 тыс.лет, т.е. в общем совпадало с тремя основными фазами позднехвалынской трансгрессии Каспия. Особенно хорошо совпадают



Схематические кривые колебаний уровней Черного и Каспийского морей в позднем плейстоцене и голоцене

А – Черное море. 1 – новоэвксинская позднеледниковая трансгрессия; 2 – Черноморская послеледниковая трансгрессия с фазами; 2а – древнечерноморская, 2б – новочерноморская; 2в – фанагорийская; 2г – нимфейская

Б – Каспийское море. *I* – позднехвалынская трансгрессия (три фазы); II – мангышлакская регрессия; III – новокаспийская трансгрессия с фазами; IIIа – ранняя новокаспийская, IIIб – челекенская (самурская), IIIв – средняя (максимальная) новокаспийская, IIIг – дербентская, IIIд – поздняя новокаспийская, *B* и B_1 – поздне- и послеледниковая трансгрессия Океана по разным авторам

максимум новоэвксинской трансгрессии и последняя (дагестанская) фаза позднехвалынской трансгрессии (10–12 тыс. лет). Любопытно, что и уровни их были близки: около минус 20 м – для первой и минус 16–17 м – для второй (рисунок). После максимума новоэвксинской трансгрессии, вероятно, имела место фаза регрессии (размыв в Керченском проливе на границе новоэвксинских и древнечерноморских слоев), за которой началась послеледниковая Черноморская трансгрессия, связанная с прогрессирующим поступлением соленых вод Средиземного моря через Босфор в результате развития глобальной фландрской трансгрессии.

Черноморская трансгрессия имела две основные фазы: раннюю, или древнечерноморскую, характеризовавшуюся еще низким уровнем моря (минус 25–10 м) и низкой соленостью, и позднюю с несколькими более мелкими фазами – новочерноморской, фанагорийской, нимфейской. В новочерноморскую фазу уровень моря поднялся на 2–2,5 м выше современного, а его соленость несколько превысила соленость современного Черного моря.

Рассматривая изменение уровней Черного и Каспийского морей в позднем плейстоцене и голоцене, можно подметить следующие закономерности:

1. Трансгрессии (и трансгрессивные пики) Каспия имели место во время влажных и прохладных эпох, а регрессии соответствовали аридам.

2. Аналогично развивалась новоэвксинская трансгрессия, и если бы Черное море оставалось изолированным от влияния фландрской трансгрессии, его уровень продолжал бы снижаться, как и уровень Каспия.

3. Развитие планетарной фландрской трансгрессии коренным образом изменило ход событий в Черном море, где начиная примерно с 9–8 тыс. лет назад колебания уровня соответствуют изменениям уровня Средиземного моря и Мирового Океана (см. рисунок).

Сравнение этих новейших моментов развития моря с его плейстоценовой историей в целом позволяет говорить о том, что в Черном море, начиная с ранней древнеэвксинской трансгрессии, проявлялись как трансгрессии и регрессии каспийского типа, свойственные и для предшествовавшего периода, так и трансгрессии и регрессии гляциоэвстатического типа, связанные с глобальными изменениями уровня моря.

При этом наблюдается непосредственная смена трансгрессии каспийского типа морской трансгрессией. Так, ранняя древнеэвксинская трансгрессия сменилась палеоузунларской морской фазой, поздняя древнеэвксинская – узунларской. Во время развития ранней древнеэвксинской трансгрессии имел место подпор ее вод со стороны Средиземного моря. Не исключен этот подпор и для поздней древнеэвксинской трансгрессии.

Характерно, что эти трансгрессивные пары (каспийская и средиземноморская) разделены крупными регрессиями. Так, между ранней древнеэвксинской и палеоузунларской, с одной стороны, и поздней древнеэвксинской и узунларской – с другой имела место значительная регрессия.

Крупные регрессии были между поздней древнеэвксинской и узунларской трансгрессиями, с одной стороны, и карангатской трансгрессией – с другой. Но у карангатской трансгрессии нет предшествующей каспийской фазы, что, вероятно, связано с очень большим сбросом вод через Босфор (переуглубление до минус 100 м) в послеузунларское время, который не мог быть восполнен прито-

ком. Не исключено, что не было и соответствующего подпора со стороны Средиземного моря.

Если трансгрессии каспийского типа в Черном море соответствовали максимумам трансгрессий в Каспии, а следовавшие за ними морские фазы – максимумам межледниковых трансгрессий Океана, то есть основание предполагать, что максимумы трансгрессий каспийского типа в Каспии и Черном море имели место в конце оледенения и начале межледниковья, т.е. опережали глобальные гляциоэвстатические трансгрессии. Таким образом, вопрос о том, к какому моменту оледенения относятся трансгрессии Каспия, может быть решен в Черном море. Вероятно, аналогична была природа бакинской и раннехазарской (гюргянской) трансгрессий. Первая из них, начавшаяся в конце оледенения (гюнц? – тюркянская свита), развивалась в первой половине последующего межледниковья (кромер).

Трансгрессии и регрессии Мирового Океана и связанных с ним Средиземного и Черного морей имели главным образом гляциоэвстатическую природу. Они отражены в виде прибрежных террас и затопленных береговых линий в пределах шельфа. Число этих древних береговых линий, вероятно, отражает число глобальных трансгрессивных и регрессивных фаз, имевших место в плейстоцене, а их современное высотное положение связано с поднятиями крупных сегментов земной коры (иногда целых материков) и компенсационным прогибанием ложа океанов, происходящими по глубинным разломам, разделяющим океаны и континенты.

ABSTRACT

The paper deals with the Pleistocene history of the Black Sea, where both the transgressions, regressions of the Mediterranean Sea, and the transgressions of the Caspian Lake–Sea were reflected, the glacioeustatic nature of transgressions and regressions of the ocean and related seas serving the basis.

Transgressions of the Caspian Sea as an isolated basin are usually related to himid and cool epochs (glaciations), whereas regressions – with warm and arid. One managed to observe in the Black Sea a regular alternation of both the transgressions associated with those of the Caspian, and transgressions caused by global interglacial ones.

The Caspian type transgressions were followed by development of transgressions related to interglacial transgressions of the Ocean. Each pair of transgressions is divided by a deep regressions. Study of the Late Pleistocene–Holocene history of the Black Sea shows that just after the Late Glacial Neoeuxinian transgression related to one–sided water inflow from land into the Mediterranean Sea, the post–glacial Black Sea transgression began to develop caused by the supply of Mediterranean waters of the Flandrian global transgression. Based on the regularities of development of the Karangatskaya interglacial transgression (Riss–Würm), Post–Ka–

rangatskaya regression (Würm), Neoeuxinian Late Glacial transgression (Late Würm) and Black Sea Post–Glacial transgression, we can conclude that the Caspian type transgression in the Black Sea, as well as Caspian transgression causing them, left behind the global interglacial transgressions and proceeded in the second half of glaciations of at their end.

Transgressions and regressions of the World Ocean have manifested themselves as near–shore terraces and flooded of coastal lines on shoal water of the shelf. Their number corresponds to the number of transgressions and regressions taking place in the Pleistocene (and Late Pliocene), and the present–day longitudinal position is associated to uplifts of continents and subsidences of the Oceanic floor.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Широкое развитие строительства самых разнообразных, часто грандиозных сооружений – гидротехнических, промышленных, гражданских, горных и других – оказывает все большее влияние на изменение окружающей среды, в том числе и на изменение среды геологической в связи с массовым развитием разнообразных геологических процессов и явлений. Охрана природы и окружающей среды стала важнейшей государственной и международной проблемой, составной частью которой является охрана и рациональное использование земной коры.

На инженерно-геологической секции XXV Международного геологического конгресса будет рассматриваться проблема охраны природы, жизни и деятельности человека в связи с развитием различных геологических процессов и явлений. В программе конгресса особое внимание уделяется роли геологии в планировании окружающей среды, в инженерном строительстве в городах, в оценке устойчивости склонов, в восстановлении рельефа в районах горных работ, в подземном захоронении вредных отходов производства и их использовании, хранении воды и т.д.

В Советском Союзе в области инженерной геологии ведется большая работа по решению разнообразных вопросов, связанных с охраной геологической среды, рациональным использованием земной коры и ее природных ресурсов. Накопленный опыт отражен в статьях, представленных в данном разделе сборника. В них обсуждаются результаты выполненных исследований и показаны достижения советской инженерной геологии, вносящей существенный вклад в решение рассматриваемой проблемы.

Статьи советских авторов, в соответствии с программой конгресса, отражают основные направления исследований по рассматриваемой проблеме в Советском Союзе и представляют большой интерес в научном, методическом и практическом отношениях для всех специалистов, работающих в области инженерной геологии.

Данный раздел сборника подготовлен секцией инженерной геологии Национального комитета геологов СССР и Научным советом по инженерной геологии и грунтоведению Отделения геологии, геофизики и геохимии АН СССР.

Е. М. СЕРГЕЕВ, И. С. КОМАРОВ

ПРОБЛЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ

Инженерную геологию нередко рассматривают по традиции как узкую прикладную отрасль геологии – "геологию на службе строительства", как определил задачи и содержание этой науки в 30-е годы один из его создателей в СССР Ф.П. Саваренский. Однако с тех пор положение существенно изменилось. Требования времени не только значительно расширили рамки этой науки, но и выдвинули ее в число основных, исследующих одну из наиболее сложных и важных проблем современности – проблему влияния человека на окружающую среду.

Соответственно изменился и общий подход к определению задач науки при планировании и проектировании строительства. Если в прошлом все внимание концентрировалось только на оценке возможного влияния природной среды (инженерно-геологических условий) на строительство и эксплуатацию сооружений, то теперь все бóльшее значение приобретает обратный прогноз – возможное воздействие строительства и планируемых мероприятий на окружающую среду.

Для Советского Союза эта сторона проблемы особенно важна не только в связи с непрерывным ростом объемов строительных работ, но и потому, что многие промышленно-территориальные комплексы, включающие гидроузлы, промышленные предприятия, города и рабочие поселки, газо- и нефтепроводы, сети дорожных и иных коммуникаций, создаются в еще мало освоенных и сложных по природным условиям районах Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока, Средней Азии, где нарушения природного равновесия могут иметь далеко идущие и трудноустранимые последствия.

Решение задач, связанных с инженерно-хозяйственным освоением новых территорий, требует глубокого изучения природной обстановки как единой системы взаимосвязанных компонентов, в которую наравне с атмосферой, гидро- и биосферой входит также активная зона литосферы. Под активной зоной литосферы мы понимаем ее верхнюю часть, где локализуются влияние экзогенных факторов и развитие экзогенных процессов и осуществляются основные

10 967

виды человеческой деятельности, затрагивающие земную кору, – подземные и открытые горные разработки, строительство сооружений и пр.

Исследование такой системы – задача комплексная, к которой должно быть привлечено внимание многих отраслей науки. На долю инженерной геологии приходится изучение геологической части, т.е. толщи горных пород, слагающих верхнюю часть земной коры вместе с содержащимися в ней подземными водами, формирующимися здесь физическими полями (тепловым, полем напряжений и др.) и протекающими в этой части литосферы физическими и химическими процессами.

К объекту исследований должны быть отнесены и все те многочисленные и различные по характеру связи, которые связывают "геологическую подсистему" с окружающей средой. К внешней среде наравне с биосферой, гидро- и атмосферой должны быть отнесены более глубокие зоны литосферы и подстилающей ее мантии, где зарождается внутриземной тепловой поток и располагаются энергетические источники землетрясений.

В естественных условиях вся природная система в целом и ее литогенная основа находятся в состоянии динамического равновесия, подчиняясь общим законам развития Земли, земной коры и географической оболочки Земли.

Хозяйственная и инженерная деятельность нарушают сложившееся равновесие, вызывая возникновение различных геологических процессов. Нарушение равновесия может быть вызвано как непосредственным воздействием человека на геологическую систему (например, изъятием масс горных пород или подземных вод при горных разработках, строительстве сооружений или организации водоснабжения), так и опосредованно через компоненты внешней среды – атмосферу, гидросферу и т.д. (например, в результате нарушения теплового баланса поверхности Земли и изменения напряженности теплового потока).

Системный анализ в инженерной геологии, строго говоря, не нов, так как исследование любых геологических процессов всегда сопровождалось учетом влияния различных внешних факторов или условий, однако такой анализ далеко не всегда выполнялся достаточно последовательно, что нередко влекло за собой потерю или недооценку значения многих структурных связей. В результате осуществление целого ряда инженерных мероприятий сопровождалось таким количеством неблагоприятных и непредвиденных последствий, что достигаемый эффект в значительной мере терялся и возникало сомнение в целесообразности осуществления всего мероприятия.

Строгий и последовательный системный анализ должен помочь устранить подобного рода ошибки.

В качестве примера применения системного анализа при строительстве сложного и ответственного сооружения можно привести исследования, выполненные при строительстве советского синхрофазотрона на 70 ГэВ.

Синхрофазотрон возводился на толще сильно закарстованных и трещиноватых известняков, местами разрушенных до состояния глыбового навала. Основная задача, стоявшая перед геологами, заключалась в составлении надежного прогноза поведения основания сооружения не в процессе осадки, а после условной стабилизации, т.е. в период эксплуатации сооружения. Чрезвычайно жесткие допуски по деформациям – доли миллиметра между основаниями соседних магнитов – требовали весьма тонкого и всестороннего анализа.

Для того чтобы учесть влияния всех возможных возмущающих факторов, была составлена предварительно качественная модель исследуемой геологической системы и определены связи с космосом, атмосферой, гидросферой и более глубокими зонами литосферы.

В результате было выявлено 36 возмущающих факторов, в число которых входили приливные явления, паводки на расположенных поблизости реках, изменение уровня грунтовых напоров и глубоко залегающих подземных вод, колебания давления и температуры атмосферы, развитие карстовых процессов и многие другие.

Последующее количественное изучение влияния каждого из этих факторов позволило определить не только возможную величину деформаций, но и их пространственный характер и временной режим и оценить возможное влияние на работу ускорителя. Интересно отметить, что наиболее значительные деформации были зарегистрированы, согласно прогнозу, от паводковой волны и связанного с ней подпора грунтовых вод.

Сделанный анализ показал, что величина и режим деформаций не будут представлять опасности для нормальной эксплуатации сооружения. Это позволило отказаться от применения сложной и дорогостоящей системы искусственной стабилизации ускорителя, которая была предусмотрена проектом. Точные геодезические наблюдения в процессе эксплуатации синхрофазотрона полностью подтвердили правильность сделанных прогнозов.

Системный анализ является также основой инженерно-геологических прогнозов при осуществлении мелиоративных мероприятий, поскольку осушение или орошение территории полностью меняет водно-воздушный и тепловой режимы всей поверхности толщи горных пород и вызывает развитие разнообразных геологических процессов. Так, например, при орошении засушливых степей Заволжья, где распространены лёссовидные покровные породы и тяжелые сыртовые глины, создается опасность таких процессов, как просадочность и набухание, морозное пучение, суффозия, глиняный псевдокарст, послепросадочные деформации и многие другие. И здесь надежность прогнозов основана прежде всего на рассмотренных в единой системе всей сложной совокупности природных компонентов и связей.

Отметим в заключение, что в последней четверти XX в. технические возможности настолько возросли, что стали осуществимы такие инженерные проекты, которые еще в недавнем прошлом

казались совершенно нереальными. Так, например, в настоящее время на уровень практической реализации могут быть выдвинуты такие проекты, как строительство плотин в морских проливах с целью осушения обширных пространств морских шельфов и "улучшения" климатических условий на обширных участках континентов, поворот вспять течения рек или переброски их в другие бассейны для орошения пустынь и засушливых степей и др.

Однако научная основа осуществления проектов такого масштаба пока разработана несравненно слабее, поскольку еще неясны в полной мере многие законы, управляющие сложной динамической системой, которую мы именуем природой.

Это не только призывает нас к разумной осторожности при осуществлении подобного рода проектов, но и ставит перед наукой задачу более глубокого проникновения в законы природы с целью разработки теоретических основ составления точных и надежных прогнозов.

В части исследования процессов, протекающих в активной зоне литосферы при осуществлении инженерных и хозяйственных мероприятий, такая задача ложится на инженерную геологию и ее нужно рассматривать как одну из важнейших в плане развития этой науки на ближайшие десятилетия.

ABSTRACT

In the article is given a general methodological approach to solving engineering–geological problems while accomplishing large–scale engineering projects. The importance of investigating all the natural factors relating to engineering construction as an indivisible open dynamic system is stressed. The evaluation of engineering–geological conditions for constructing the Soviet synchrophosotron (GeV 70)is taken as an example.

Г. А. ГОЛОДКОВСКАЯ, Л. М. ДЕМИДЮК

ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Охрана окружающей среды стала одной из злободневных проблем современности. Однако эту проблему не следует понимать только как консервацию уникальных объектов и явлений природы, ее необходимо трактовать шире – как систему рационального научно обоснованного природопользования, при которой, во–первых, обеспечивается непрерывное воспроизводство изымаемых для хозяйства ресурсов, а во–вторых, исключается развитие нежелательных последствий.

В решении этой проблемы определенное место должны занять представители научной общественности инженерной геологии. Развитие промышленности, неуклонные темпы строительства привели в настоящее время к тому положению, что стало необходимым учитывать влияние, оказываемое при хозяйственном освоении территорий на геологическую среду. В текущем столетии вооруженный техникой человек создает крупные положительные и отрицательные формы рельефа. В процессе добычи полезных ископаемых из пустой породы отсыпаются огромные отвалы и терриконы высотой до 100 м и более. При открытых разработках месторождений создаются карьеры глубиной до 500 м и проектируются – до 700 м. Добыча полезных ископаемых шахтным способом на глубинах до 2000 м и более нарушает естественный подземный сток, температурный режим, вносит в поле напряжений огромные изменения, соизмеримые по своей эффективности с процессами тектогенеза и несоизмеримые с геологическими процессами по времени. При прокладке железных и шоссейных дорог создаются выемки глубиной от нескольких до десятков метров. Искусственный рельеф образуется и при сооружении каналов для целей судоходства, орошения и обводнения. Искусственные элементы рельефа создаются в процессе создания гидротехнических сооружений и других видов инженерного производства.

Создание крупных водохранилищ вызывает изменения необратимого характера в гидрогеологических, геодинамических и мерзлотных условиях. Интенсивно развиваются эрозионные, обвально-осыпные и селевые процессы, которые оживляются при подъеме уровня грунтовых вод. Переработка берегов водохранилищ, особенно равнинных, достигает 500–600 м.

Следует заметить, что с каждым десятилетием возможности изменения природных условий возрастают в связи с созданием более мощных взрывчатых веществ и усовершенствованием землеройной техники. Изменения всей природно-геологической обстановки распространяются на огромные территории, захватывая целые нефтеносные бассейны и горнорудные районы. Можно констатировать, что природные процессы и хозяйственная деятельность перестают развиваться как обособленные системы, они смыкаются, перерастая в единую систему "инженерное производство – геологическая среда".

При существующих масштабах освоения и при уже имеющемся дефиците площадей, не требующих для своего обустройства значительных средств, следует говорить об инженерно-геологических ресурсах как категории природных богатств, подразумевая под этим термином территории для размещения различных инженерных сооружений.

Служба охраны инженерно-геологических ресурсов должна, очевидно, контролировать правильность их использования и осуществление мероприятий, способствующих сохранению и увеличению инженерно-геологической эффективности.

Рациональное использование инженерно-геологических ресурсов должно опираться на строгую научно обоснованную прогнозную оценку последствий, учитывающих все своеобразие региональных условий, в том числе специфику освоения.

Естественно, что для этого требуется четкая информация об естественных инженерно-геологических условиях крупных регионов, что позволит качественно и количественно оценить масштабы происходящих в связи с освоением изменений. Научное обоснование системы рационального инженерно-геологического использования должно базироваться на учете всего комплекса природных факторов.

Геологическими методами учитывается инженерно-геологическая неоднородность территории, требующая дифференцированного подхода к ее использованию. В сложных инженерно-геологических условиях указанный подход имеет особенно важное значение, поскольку природные условия отличаются контрастностью, естественные процессы - большой напряженностью, состояние пород при освоении - относительно малой устойчивостью.

Все выявленные закономерности лягут в основу универсального районирования и ряда специальных отраслевых схем, которые существенно облегчат задачу создания рациональной системы использования инженерно-геологических ресурсов, учитывающей все эти региональные особенности. Можно будет выявить участки, типичные для крупных регионов, для организации в их пределах углубленных стационарных и полустационарных исследований. Такие участки необходимо принять за эталонные.

Таким образом, на первом этапе большой и ответственной работы встает задача своего рода инженерно-геологической калькуляции, т.е. систематизации всей информации о природных комплексах и формирующих их взаимосвязях, степени освоения территории, характере изменения инженерно-геологических условий и активности инженерно-геологических процессов, возникающих при различных видах строительства.

Итогом работы этого этапа должна быть специальная карта или серия карт, отражающих инженерно-геологические условия, степень и характер освоения, измененные инженерно-геологические условия под влиянием хозяйственного освоения (схема). Такая работа выполняется кафедрой грунтоведения и инженерной геологии МГУ в содружестве с Институтом гидрогеологии Варшавского университета, приступивших к созданию атласа карт изменения геологической среды в связи с деятельностью человека на территории ПНР и Европейской части СССР, принципам составления которых посвящен специальный доклад.

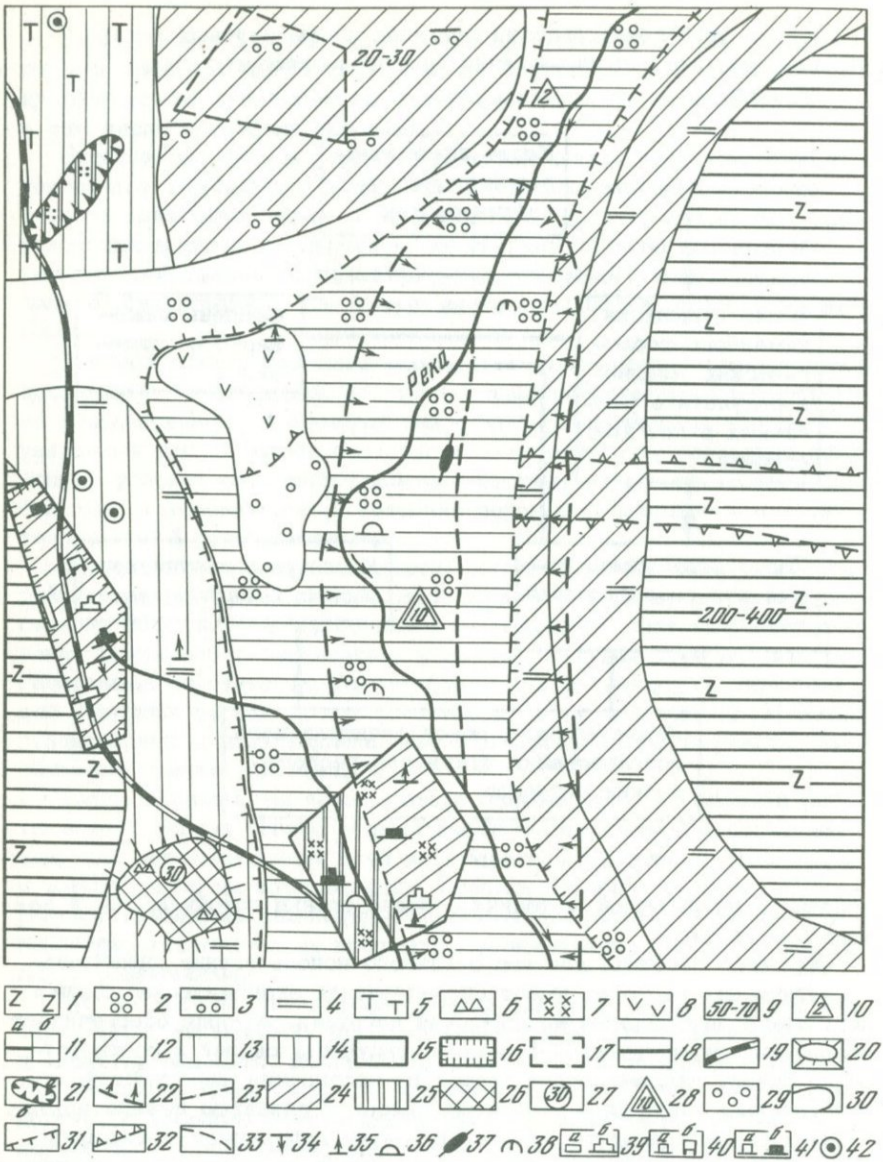
В разработке научных основ рационального использования инженерно-геологических ресурсов особое место должно занять изучение устойчивости разных типов инженерно-геологических комплексов к изменению предельных состояний при разных видах хозяйственного освоения. Решение вопроса об устойчивости природных комплексов

Схема последовательности создания карты научных основ рационального использования инженерно-геологических ресурсов

связано с разработкой методики сначала оценки устойчивости, а затем и ее расчета.

Огромное значение для рационального использования инженерно-геологических ресурсов имеет сравнительная экономическая оценка допустимой инженерно-геологической нагрузки, которая обеспечивает сохранение гармонической эволюции природных связей и соответственно оценку экономических затрат на проведение мероприятий, препятствующих нарушению природных связей и развитию нежелательных инженерно-геологических процессов. Карта допустимой инженерно-геологической нагрузки должна составляться на основе анализа природных инженерно-геологических условий и служить базой для разработки основных положений системы рационального инженерно-геологического использования территории.

Основными категориями нагрузки могут быть: 1) минимальная – на участках, требующих сохранения инженерно-геологических комплексов в почти нетронутом состоянии; 2) средняя и 3) максимальная, распространяющаяся на участки, допускающие значительные изменения без критических нарушений равновесия природных связей.



Макет карты изменения инженерно-геологических условий в связи с разработкой месторождения

Возраст, генезис и состав пород: *1* – эффузивно-туфогенный комплекс – базальты различного состава (P_2-T_1); аллювиальные и дельтовые отложения (*a*, *d* Q_{III}): *2* – галечники, *3* – переслаивание суглинков и галечников, *4* – суглинки, *5* – болотные отложения – торф; техногенные отложения: *6* – отвалов (крупные глыбы

К 1-й категории были бы, например, отнесены низкие террасы мерзлых, высокотемпературных, сильнольдистых четвертичных пород, к 3-й – высокие эрозионные террасы, выработанные в скальных породах, находящихся в талом состоянии.

Необходимо при этом знание экономической оценки ресурсов. Это должен быть какой-то оправданный предел затрат, не допускающий нарушения предельного равновесия, и одновременно минимально допустимый с народнохозяйственных позиций норматив эффекта от эксплуатации. Должна быть разработана система государственных нормативов, отражающих долгосрочные народнохозяйственные интересы в области использования инженерно-геологических ресурсов. Эти нормативы ценности, например 1 га земли для застройки, мелиорации и т.д., должны быть дифференцированы с учетом природных условий. На основе разработанных нормативов будет возможно, соблюдая специальные правила и приемы экономических расчетов, найти верные, обоснованные методы строительства и способы эксплуатации. Решение этих вопросов потребует объединенных усилий научно-исследовательских и производственных институтов инженерно-геологического и экономического профиля. В результате подобных

Продолжение подписи к рисунку

пустой породы), *7* – поселков (с большим количеством строительного мусора), *8* – засыпанной части озер; *9* – мощность многолетнемерзлых пород, *10* – уровень грунтовых вод. Инженерно-геологический потенциал: *11* – высокий; *а* – на участках талых пород, *б* – мерзлых пород, *12* – средний, *13* – низкий, *14* – весьма низкий; виды инженерной деятельности: *15* – гражданская застройка, *16* – промышленная застройка со значительным загрязнением атмосферы, *17* – проектируемые поселки, *18* – шоссейные дороги с асфальтовым покрытием, *19* – железные дороги, *20* – отвалы, *21* – карьеры: *а* – глубиной 5–10 м, *б* – 10–20 м, *22*– контур водозабора; *23* – новое русло реки. Изменение температурного режима пород в связи с освоением: *24* – повышение среднегодовой температуры, *25* – контрастное изменение температуры, *26* – понижение температуры с образованием мерзлых пород, *27*– мощность новообразованной мерзлоты, *28* – изменившийся уровень грунтовых вод, *29* – загрязнение водоемов. Границы: *30* – участков с различным инженерно-геологическим потенциалом, *31* – мерзлоты, *32* – изменившейся мерзлоты, *33* – участков с различным направлением динамики температур. Инженерно-геологические процессы и явления: *34* – осадки, *35* – пучение, *36* – гидролакколиты, *37* – наледи, *38* – суффозия. Характеристика состояния зданий и сооружений: *39* – этажность: *а*– одноэтажные здания, *б* – двух– и трехэтажные, *40* – тип фундаментов: *а* – ленточные, *б* – свайные; *41,а* – недеформированные, *41,б* – деформированные; *42* – оттаивание мерзлоты вокруг шахтных стволов

проработок может быть составлена карта допустимой инженерно-геологической нагрузки.

Совмещение карты изменения инженерно-геологических условий с отражением степени освоения и карты допустимой инженерно-геологической нагрузки с картой размещения природных богатств (полезных ископаемых, гидроэнергетического цикла и т.д.) и создаст, по нашему мнению, научную основу рационального использования инженерно-геологических ресурсов территорий, обладающих наибольшим инженерно-геологическим потенциалом и требующих для своего освоения наименьших затрат (см. схему). Следует подчеркнуть, что составление такой карты на всю территорию страны поставит использование инженерно-геологических ресурсов на научную основу, а также и явится обоснованным документом для составления народнохозяйственных планов. Детальные инженерно-геологические исследования на осваиваемых территориях позволят разработать конкретные критерии для рационального использования инженерно-геологических ресурсов и комплекса мероприятий по сохранению равновесного состояния в системе "окружающая среда – инженерное сооружение".

Интересные разработки в этом плане сделаны на основании 10-летних инженерно-геологических исследований, проведенных Норильской экспедицией кафедры грунтоведения и инженерной геологии МГУ при разведке ряда рудных месторождений и дальнейшем их освоении. Эти исследования позволили составить карту изменения инженерно-геологических условий в связи с разработкой месторождений. На этой карте нашла отражение информация трех типов: I – естественные инженерно-геологические условия территории до освоения, II – виды инженерного освоения и III – связанные с ними инженерно-геологические изменения (см. рисунок).

Важным элементом в информации I типа является проведенная на естественно-геологической основе оценка инженерно-геологического потенциала выделенных участков.

Инженерно-геологический потенциал характеризует степень устойчивости природных связей к изменениям, происходящим при освоении. По комплексу факторов выделены участки с высоким, средним и низким инженерно-геологическим потенциалом в пределах распространения мерзлых и талых пород. К категории с высоким инженерно-геологическим потенциалом отнесены участки, устойчивые к изменениям условий при освоении, сложенные скальными породами, устойчивыми к процессам выветривания, характеризующиеся высокими по абсолютным значениям среднегодовыми температурами и большой глубиной залегания подземных вод. В категорию с низким инженерно-геологическим потенциалом попадают участки, сложенные мерзлыми, очень льдистыми, глинистыми, недоуплотненными, озерными осадками, имеющие среднегодовую температуру, близкую к нулю, что при малейших микроклиматических изменениях на поверхности может привести к протаиванию подземных льдов и значительным просадкам.

По инженерно-геологическому потенциалу в перспективе можно дать экономический расчет мероприятий по сохранению равновесных состояний этих участков при освоении.

На фоне естественной инженерно-геологической обстановки на карте показаны виды инженерного освоения: железные и шоссейные дороги, контуры гражданской и промышленной застройки, контуры рудных полей и даны те изменения, которые в них произошли за период эксплуатации: оттаивание или новообразование мерзлоты, повышение или понижение среднегодовой температуры пород, изменение состава поверхностных отложений, образование карьеров, отвалов, изменение гидрогеологических условий в связи с созданием водохранилища и водозабором и т.д.

На карте удалось отразить характер застройки, тип фундаментов и состояние сооружений при их эксплуатации.

Наш опыт показывает, что исследования научных проблем рационального использования инженерно-геологической среды должны вестись по двум основным направлениям: 1) углубленному изучению и моделированию динамики природных процессов на основе сети стационаров и 2) всестороннему изучению состояния инженерно-геологических ресурсов и антропогенных изменений среды в широком масштабе.

ABSTRACT

As the rate of construction is quickly going up, the shortage of territories not requiring cosiderable expenses for building various engineering structures is becoming evident. Under these circumstances, the territories favourable for construction should be looked upon as a form of natural resources, i.e. it would be reasonable to introduce the notion of engineering-geological resources and the system of their rational use. A scientific system of rational use of natural resources should be based on the analysis of engineering-geological features of the territory, the extent and the way of its economic use as well as experience gained and the consideration of the tendancy and the scale of processes occuring in the earth crust under various types of construction. Approgнostic evaluation may be regionally based on a series of special engineering-geological maps including an engineering-geological zoning map, a map of the alteration of engineering-geological environment resulting from various kinds of economical use, a map of the permissible engineering-geological load, a map of scientific principles of rational use of engineering-geological resources.

The estimation of permissible engineering-geological load is of particular importance in this problem. In this case a safety factor of engineering-geological environment for a specific region is implied, which would allow a harmonic evolution of natural bonds on the territory subject to the engineering activities.

The evaluation of engineering-geological environmental stability in relation to various kinds of man's activity is impossible with-

out the estimation of financial expenses for the work required to prevent disturbance of natural bonds and development of undisirable engineering–geological processes. The elaboration of methods of permissible engineering–geological load evaluation therefore require common efforts of geologists and economists.

A comprehensive analysis of alteration of engineering–geological environment for a specific territory depending on the form and extent of its economic use and permissible engineering–geological load with consideration to the natural resources of various regions forms a scientific basis for rational use of engineering–geological resources and thus wil make it possible to reveal territories of the greatest engineering–geological potential which could be economically used with the lowest expenses. Maps compiled there with will provide a basis for economic planning.

С. В. ГРИГОРЬЕВА

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ХОДЕ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ

(на примере отдельных регионов)

Одна из актуальных задач охраны природы в настоящее время – изучение изменений геологической среды под влиянием разносторонней деятельности человека. Важное значение оно приобретает для вновь осваиваемых и необжитых территорий нашей страны.

Интенсивное освоение территорий и в первую очередь строительство существенно изменяет инженерно–геологические условия этих площадей: нарушается термический режим пород, изменяются свойства и состояние горных пород, гидрогеологические условия местности. Все это приводит к развитию разнообразных инженерно–геологических процессов и явлений, которые нередко отрицательно влияют на устойчивость инженерных сооружений.

Проведенный анализ опыта строительства и эксплуатации различных видов сооружений и изменения природной обстановки на территориях трех различных в тектоническом отношении регионов I порядка (Западно–Сибирская плита, Сибирская платформа и Урало–Новоземельская складчатая область) позволил выявить некоторые закономерности развития инженерно–геологических процессов в зависимости от региональных геологических особенностей и современных климатических условий этих территорий и различных типов строительства, учитывая современную инженерно–геологическую изученность регионов.

Западно–Сибирская плита – молодая эпигерцинская платформа, имеющая в верхнем (третьем) структурно–геологическом ярусе мощную толщу (до 4 км) мезокайнозойских отложений (с поверхности в

основном рыхлых четвертичных образований), характеризуется своеобразными инженерно-геологическими условиями. В силу четкой климатической зональности в пределах региона отмечается закономерное широтное изменение некоторых инженерно-геологических условий: определенная закономерность прослеживается в распространении, составе и строении толщи пород четвертичного возраста, их состоянии и свойствах. Широтной зональности подчиняются гидрогеологические условия территории, развитие современных экзогенных геологических процессов и явлений. На основе этого на территории Западной Сибири выделены следующие широтные зоны с различной инженерно-геологической обстановкой: зона развития многолетнемерзлых пород, зона распространения сильноувлажненных пород и зона развития слабо- и умеренноувлажненных пород (Трофимов, 1971).

Сложность инженерно-геологических условий региона в целом заключается в чрезвычайно высокой заболоченности большей части территории, обусловленной выравненным рельефом и высоким уровнем грунтовых вод, в широком распространении слабых, переувлажненных и заторфованных глинистых и пылеватых грунтов, часто обладающих тиксотропными и пучинистыми свойствами, наличии на значительной площади в северной половине региона многолетнемерзлых пород, а в южных районах – лёссовых просадочных грунтов, в интенсивном развитии разнообразных геологических процессов и явлений.

Комплексное освоение территории Западной Сибири (строительство новых городов и поселков, газо- и нефтепромыслов, трубопроводов, железных и автомобильных дорог, крупных ТЭЦ и ГРЭС, высоковольтных линий электропередачи, мелиоративных систем) уже внесло ощутимые изменения в природную обстановку региона – ухудшились инженерно-геологические свойства грунтов, активизировались многие геологические и развились разнообразные инженерно-геологические процессы и явления.

Сибирская платформа, представляющая в тектоническом отношении древнюю эпигерцинскую платформу и сложенная с поверхности самыми разнообразными по возрасту (от нижнего палеозоя до кайнозоя), генезису, составу и состоянию породами (преимущественно скальными и полускальными), характеризуется весьма различными климатическими и инженерно-геологическими условиями.

Важным фактором, определяющим специфику инженерно-геологических условий региона, является почти повсеместное распространение многолетней мерзлоты. Основные геокриологические характеристики многолетнемерзлых пород (распространение, мощность, температура, строение криогенной толщи) имеют широтно-зональный характер изменения. В силу этого на территории Сибирской платформы выделяются две криологические зоны – северная (сплошного развития вечной мерзлоты) и южная (островного распространения многолетнемерзлых пород). Характерная особенность региона – внутризональная неоднородность мерзлотных условий, обусловленная как местными, так и региональными факторами, наиболее важ-

ными из которых являются оживление многочисленных старых и возникновение новых тектонических разломов. Неоднородность мерзлотных условий выразилась прежде всего в уменьшении мощности мерзлоты и повышении температуры мерзлых пород в районах разломов. При освоении таких площадей происходит наиболее заметное и интенсивное изменение природных условий, активизация наиболее широко развитых на территории региона различных мерзлотных геологических процессов и явлений.

Важной инженерно-геологической особенностью южной половины Сибирской платформы (районов, примыкающих к периферии Саяно-Байкальского свода) является сейсмичность. Освоение этих районов существенно изменяет сейсмические характеристики пород.

Своеобразной особенностью отличается климат Сибирской платформы – в Центральной Якутии и в юго-западных районах региона находится зона с недостаточным увлажнением, где интенсивно протекают процессы выветривания и идет формирование элювиальных грунтов.

Территория Сибирской платформы освоена еще очень неравномерно. Строительство проводится в основном по берегам главных судоходных рек и их притоков и локально в местах крупных месторождений полезных ископаемых. Здесь имеется ряд промышленных городов и поселков, широко проводится горное и гидротехническое строительство, прокладываются трассы железных и автомобильных дорог, линии электропередачи.

Деятельность человека активно изменяет мерзлотные условия осваиваемых участков (происходит деградация или новообразование вечной мерзлоты, развитие криогенных процессов и явлений), изменяются сейсмические условия в южных районах региона, активизируются широко развитые на платформе оползневые, эрозионные процессы и явления, карбонатный и гипсовый карст, просадки в лёссовых породах, возникают разнообразные инженерно-геологические процессы и явления.

Территория Урало-Новоземельской складчатой области характеризуется четкой широтной и высотной природной зональностью и весьма разнообразными и сложными инженерно-геологическими условиями.

Для Урала характерна быстрая пространственная изменчивость горных пород (преимущественно скальных и полускальных), различных по возрасту, генезису, степени трещиноватости и выветрелости; широкое распространение своеобразных по инженерно-геологическим свойствам элювиальных образований, имеющих на Урале значительную мощность и являющихся основанием большинства наземных инженерных сооружений; разнообразие форм рельефа; сложные гидрогеологические условия (различная глубина залегания грунтовых вод, их состав и др.); наличие на севере региона (севернее 66 параллели) многолетней мерзлоты; широкое развитие древнего и современного карста, гравитационных геологических процессов и явлений.

Большая часть территории региона расположена в зоне влажного и сурового климата. Для нее характерно глубокое сезонное промер-

зание, поверхностные грунты часто находятся в переувлажненном состоянии, широко развиваются процессы пучения (Попов, 1969).

Урал – один из древних промышленных районов нашей страны, освоение которого началось еще в XVIII в. В настоящее время наиболее освоены южные и центральные районы Урала, где сосредоточены крупные промышленные центры, интенсивно ведется разработка месторождений разнообразных полезных ископаемых, имеется густая сеть железных и автомобильных дорог, линии электропередачи, трубопроводы.

Интенсивное и длительное освоение территории Урала существенно изменило рельеф многих участков, гидрогеологические условия, активизировало карстовые, суффозионные, склоновые процессы, вызвало развитие различных своеобразных для региона инженерно-геологических процессов и явлений.

На примере этих трех регионов, имеющих совершенно разные инженерно-геологические условия и разную степень освоенности, рассмотрим характер распространения и условия возникновения инженерно-геологических процессов и явлений, основные из которых сведены в табл. 1-3.

Таблицы показывают, что многие инженерно-геологические процессы и явления могут возникнуть (если для этого существуют благоприятные условия) при любом виде строительства на всех территориях. Это – сезонное пучение грунтов, эрозионные процессы (размыв речных берегов, образование оврагов), оползни, оплывины, осовы, обвалы и осыпи. Они имеют наиболее широкое (региональное) распространение на территориях Западной Сибири, Сибирской платформы и Урала, что позволяет выделить их в единую группу инженерно-геологических процессов и явлений (I группа).

Часть инженерно-геологических процессов и явлений может развиваться в определенных случаях при любом виде строительства на территории, где отсутствует многолетняя мерзлота (в зонах распространения сильно-, слабо- и умеренноувлажненных пород). Это – заболачивание, повышение уровня грунтовых вод, просадочность в лёссовых породах, просадки в сапролитах, карст, суффозия (II группа).

На территории зоны распространения многолетнемерзлых пород развиваются специфические, присущие только этим районам криогенные инженерно-геологические процессы и явления: термопросадки, термокарст, солифлюкция, наледи, морозобойные трещины, термоэрозия (III группа).

Своеобразные инженерно-геологические процессы и явления возникают при отдельных видах строительства. Гидротехническое строительство вызывает переработку берегов водохранилищ, засоление и рассоление почв. При проведении подземного горного строительства (шахты, рудники) возникает проявление горного давления (горные удары, образование трещин, отслаивание и обрушение пород кровли, внезапные выбросы угля и газа) и сдвижение пород и земной поверхности, проявляющееся в виде провалов, трещин, опускания

Таблица 1

Инженерно-геологические процессы и явления, развивающиеся на территории Западно-Сибирской плиты в связи со строительством различных типов сооружений

Тип строительства	Общие для всей территории	Для зон распространения пород		
		многолетнемерзлых	сильноувлажненных	слабо- и умеренноувлажненных
Промышленное, гражданское и линейное	Сезонное пучение грунтов, эрозионные процессы (размыв берегов, оврагообразование), оползни-оплывины и осовы	Термопросадки, термокарст, солифлюкция, наледи	Повышение уровня грунтовых вод, просадочность в лёссовых породах	
Гидротехническое		?		Переработка берегов водохранилищ, повышение уровня грунтовых вод, подтопление и заболачивание, засоление и рассоление почв

поверхности и пр. Такие процессы и явления можно объединить в IV группу инженерно-геологических процессов и явлений.

Сказанное дает возможность расклассифицировать инженерно-геологические процессы и явления по характеру их распространения и условиям возникновения при освоении различных территорий (табл. 4) и сделать следующие выводы. Часть инженерно-геологических процессов и явлений, так же как и многие геологические процессы, подчиняются природной зональности или связаны с определенным типом строительства. Другая, большая часть инженерно-геологических процессов и явлений азональна и при благоприятных условиях может возникать на любой территории, но с разной интенсивностью в отдельных природных зонах. Например, процессы заболачивания чаще и интенсивнее развиваются в зоне распространения сильноувлажненных пород в Западной Сибири, а просадочность в лёссовых породах – в зоне слабо- и умеренноувлажненных пород.

Таблица 2

Инженерно-геологические процессы и явления, развивающиеся на территории Сибирской платформы

Тип строительства	Общие для всей территории	Для зон распространения пород	
		многолетнемерзлых	талых
Промышленное, гражданское и линейное	Сезонное пучение грунтов, эрозионные процессы (речная эрозия, овраги и др.), оползни, оплывины, осыпи, осовы	Термопросадки, термокарст, солифлюкция, наледи	Повышение уровня грунтовых вод, заболачивание, просадки в лёссовых породах
Гидротехническое		Термопросадки, термокарст, термоабразия	Переработка берегов водохранилища, повышение уровня грунтовых вод, подтопление и заболачивание, суффозия, просадки в лёссовых породах, отседание склонов, обвалы, оползни, провалы поверхности
Горное		Проявление горного давления, сдвижение пород и земной поверхности	Проявление горного давления, сдвижение пород и земной поверхности, карст, суффозия

Вместе с тем на интенсивность проявления инженерно-геологических процессов и явлений влияют геологические особенности осваиваемых площадей. Например, процессы сезонного пучения грунтов наиболее интенсивно развиваются в районах с глубоким промерзанием глинистых и пылеватых грунтов. Они представляют наибольшую опасность для инженерных сооружений, вызывая массовые деформации промышленных и гражданских зданий и сооружений, земляного полотна почти на всех железных и автомобильных дорогах. Обвалы и осыпи характерны в основном для складчатых областей.

11 967

Таблица 3

Инженерно-геологические процессы и явления, развивающиеся на территории Урало-Новоземельской складчатой области

Тип строительства	Общие для всей территории	Для зон распространения пород	
		многолетнемерзлых	сильно- и умеренно-увлажненных
Промышленное, гражданское и линейное	Сезонное пучение грунтов, эрозионные процессы (речная эрозия, овраги и др.), обвалы, осыпи, оползни, оплывины	Термопросадки, термокарст, солифлюкция	Повышение уровня грунтовых вод, карст, суффозия, просадка в сапролитах, неравномерное сжатие элювиальных грунтов основания
Горное		?	Понижение уровня грунтовых вод, карст, суффозия, проявление горного давления (горные удары, выбросы угля и газа, образование трещин, обрушение пород кровли), сдвижение пород и земной поверхности (провалы, трещины, оседание поверхности), гравитационные процессы в откосах выработок

Карстовые процессы интенсивно развиваются на Урале и Сибирской платформе, где широко развиты породы карбонатной формации.

Кроме того, интенсивность инженерно-геологических процессов и явлений зависит от вида проводимого строительства. Например, карст и суффозия чаще и интенсивнее развиваются при горном строительстве, сопровождающемся постоянными откачками подземных вод. Ими обусловлено возникновение во многих районах Урала провальных форм рельефа, отрицательно влияющих на устойчивость наземных сооружений.

Между многими инженерно-геологическими процессами и явлениями существует определенная связь. Например, изменение гидрогеологических условий в процессе освоения территорий, которое в большинстве случаев выражается в повышении уровня грунтовых вод, вызывает заболачивание, образование оврагов, оплывание откосов,

Таблица 4

Классификация инженерно-геологических процессов и явлений, возникающих на территориях различных регионов

Группы	Обозначение групп по характеру распространения инженерно-геологических процессов	Приуроченность к породам		Условия возникновения
		скальным и полускальным	рыхлым	
I	Азональные	Сезонное пучение грунтов, размыв речных берегов, оползни, осовы, обвалы, осыпи	Сезонное пучение грунтов, размыв речных берегов, оползни, осовы, образование оврагов	
II	Зональные, развивающиеся на территориях, где отсутствует многолетняя мерзлота	Повышение уровня грунтовых вод, заболачивание, суффозия, карст	Повышение уровня грунтовых вод, заболачивание, суффозия, просадки в лёссовых породах	При различных видах строительства
III	Зональные, приуроченные к зоне развития многолетнемерзлых пород	Термопросадки, термокарст, термоэрозия, наледи, морозобойные трещины	Термопросадки, термокарст, термоэрозия, морозобойные трещины, наледи, солифлюкция	
IV	Приуроченные к определенным типам строительства	Проявление горного давления, сдвижение пород и земной поверхности		При подземном строительстве
		Переработка берегов водохранилищ	Переработка берегов водохранилищ, засоление и рассоление почв	При гидротехническом строительстве

развитие суффозионных и просадочных явлений в лёссах. Особенно опасно обводнение грунтов и увеличение заболачивания в зоне сильноувлажненных пород в Западной Сибири, где широко развиты глинистые и пылеватые грунты с низкой несущей способностью. При увлажнении такие грунты легко переходят в текучее состояние и проявляют тиксотропные и пучинистые свойства, создавая дополнительные сложности при строительстве и эксплуатации сооружений. Изменение режима поверхностных и подземных вод в районах развития лёссовых грунтов приводит к широкому развитию просадочных явлений, вызывая неравномерные осадки зданий и сооружений, многочисленные примеры чего известны в Западной Сибири и на Сибирской платформе. При этом резко возрастает интенсивность разрушения склонов, образование промоин и оврагов.

Таким образом, возникновение и развитие инженерно-геологических процессов и явлений подчиняется природной зональности, зависит от геологических особенностей осваиваемой территории и направленности инженерно-хозяйственной деятельности человека.

Особо важное значение при комплексном освоении территорий приобретает прогноз тех изменений, которые может вызвать строительство и эксплуатация сооружений в геологической среде. При этом одна из главных задач – изучение характера, интенсивности и скорости развития инженерно-геологических процессов на территории рассматриваемого региона в целом, а также выявление характера связи между интенсивностью проявления этих процессов и деформациями различных типов сооружений.

ABSTRACT

The objective laws governing engineering–geological processes and phenomena arisen by the different types of constructions on the territory of three different from tectonical point of view first order regions (Western–Sibirian plate, Sibirian platform and Ural–Novozemelskaja folded area)depending on regional geological pecularity and present climatic conditions on these territories are under consideration in the paper.

Engineering–geological processes and phenomena, their emerging and development are governed by natural zonation and depend on geological peculiarities of areas developed and the character of engineering and economic activity of a man.

In the process of combined developing of territories one of the most important problems is the investigating of charactor, intensity and rate of engineering–geological processes and phenimena on the territory of a certain region on the whole and determination of the charactor of interrelation between the intensification of displaying of the processes mentioned and deformation of different constructions.

The classification of engineering–geological processes and phenomena are given in respect to the charactor of their spread and conditions emerging from development of different territories.

ЛИТЕРАТУРА

Попов И.В. Инженерная геология СССР, ч. III. Урал. Западная Сибирь. М., Изд-во МГУ, 1969.

Трофимов В.Т. Основные закономерности широтного (зонального) изменения инженерно-геологических условий Западно-Сибирской плиты. – В сб.: Природные условия Западной Сибири, вып. 1. М., Изд-во МГУ, 1971.

Е. М. СЕРГЕЕВ, Г. А. ГОЛОДКОВСКАЯ, Л. В. БАХИРЕВА, Л. М. ДЕМИДЮК, Г. М. ТЕРЕШКОВ, В. КОВАЛЬСКИЙ, Г. ЛОЗИНЬСКА-СТЕМПЕНЬ, Ю. ЛЯШКОВСКИЙ, Я. СТОХЛЯК

ПРИНЦИПЫ СОСТАВЛЕНИЯ КАРТ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Одной из важнейших теоретических проблем современной инженерной геологии, имеющей непосредственное практическое значение, является исследование изменений, происходящих в геологической среде под влиянием инженерной и хозяйственной деятельности человека. Масштабы и интенсивность этих изменений непрерывно растут и уже сейчас в ряде крупных промышленно-экономических районов достигают угрожающих размеров.

Наиболее распространенными изменениями геологической среды в настоящее время являются следующие: 1) подъем уровня грунтовых вод с созданием водохранилищ и орошением территорий; связанные с ними засоление почвы, деформации лёссовых пород, заболачивание, повышение сейсмической активности пород; 2) деформации земной поверхности (проседания и провалы) и изменение режима подземных вод при извлечении из недр Земли полезных ископаемых; 3) активизация оползней, обвалов и других склоновых процессов в районах интенсивного освоения; 4) изменение естественных физических полей, в первую очередь поля напряжений и геотермического поля, которое особенно динамично и быстро реагирует на изменение природных условий; 5) изменение мерзлотной обстановки при строительстве в зоне вечной мерзлоты, приводящее к осадкам, пучению, солифлюкции, обусловливающим потерю устойчивости сооружениями и разрушительные их деформации; 6) изменение интенсивности и даже направленности геохимических процессов – окисления, выветривания и других результатов нарушения естественных гидротермических условий.

Прогноз подобных инженерно-геологических по своей природе изменений необходим для научного обоснования различных мероприятий по рациональному использованию и охране геологической среды – среды обитания и деятельности человека. Для успешного решения этой

задачи необходимо изучить характер воздействия человека на геологическую среду, собрать и систематизировать весь накопленный многими десятилетиями материал по опыту строительства и степени освоения территории, выяснить и оценить динамику инженерно-геологических процессов в различных геологических условиях при различных видах строительства.

Первым опытом в этом направлении является работа над созданием атласа карт изменения геологической среды на территории ПНР и Европейской части СССР. Работа выполняется кафедрой грунтоведения и инженерной геологии МГУ и Институтом гидрогеологии и инженерной геологии Варшавского университета.

Атлас включает три аналитические специализированные карты изменения геологической среды в связи с промышленным, городским и дорожным строительством, разработкой месторождений полезных ископаемых, гидротехническим и гидромелиоративным строительством, карту комплексного районирования. Эти карты характеризуют степень освоения и характер изменения инженерно-геологических условий под влиянием различной деятельности человека (рис.1-3).

Карты составляются на основе специального инженерно-геологического районирования. При районировании в связи с разработкой полезных ископаемых выделяются горно-геологические массивы, вмещающие полезные ископаемые с учетом тектонических структур, геологического строения, гидрогеологических условий и геологических явлений. Районирование в связи с городским, дорожным, гидротехническим и гидромелиоративным строительством учитывает геоморфологические особенности территории, строение четвертичных отложений и подстилающих пород на глубину до 100 м, геологические явления.

Отражение видов инженерной деятельности и изменение условий на основе инженерно-геологического районирования позволяет выяснить приуроченность тех или иных инженерно-геологических процессов и явлений к определенным геолого-генетическим комплексам и формациям пород и гидрогеологическим условиям. Специфика каждой карты определяется характером тех изменений, которые происходят в геологической среде в связи с конкретным видом строительства.

Основной задачей при составлении карты изменения геологической среды в связи с гидротехническим и гидромелиоративным строительством является отражение изменений гидрогеологических условий территории и возникновения современных инженерно-геологических процессов и явлений (см. рис. 1). На модели карты отражена характеристика подземных вод: в числителе дроби показана глубина залегания основного водоносного горизонта в естественных условиях, в знаменателе – изменившаяся глубина подземных вод в связи со строительством водохранилищ, плотин, оросительных и осушительных систем, инженерных сооружений в береговой зоне и др. Процессы и явления, значительные по площади распространения (подъем или снижение уровня подземных вод, заболачивание, вторичное засоление

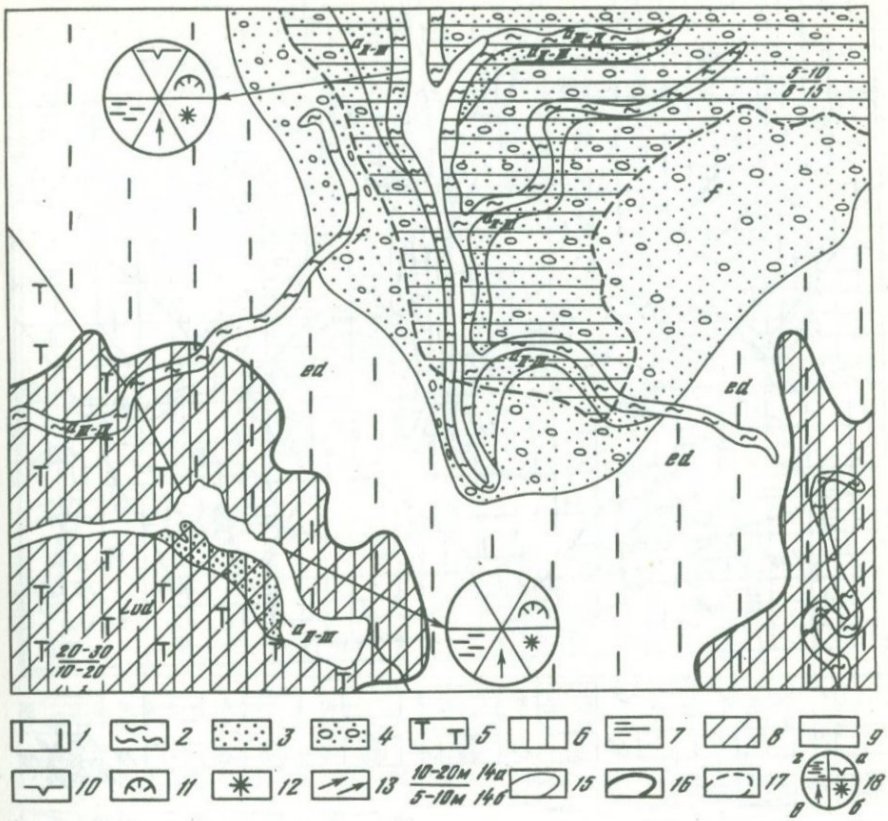


Рис. 1. Модель карты изменения геологической среды в связи с гидротехническим и гидромелиоративным строительством

Геолого-генетические комплексы отложений и их характеристика: *1* – элювиально-делювиальные *(ed)* – галечники, гравий, щебень, песок, супесь, суглинки и глины; *2* – аллювиальные верхнечетвертичные и современные (a_{III-IV}) галечники, гравий, пески, супеси, суглинки; *3* – аллювиальные средне- и верхнечетвертичные (a_{II-III}) – валунно-гравийно-галечные отложения, пески, супеси, суглинки, глины; *4* – флювиогляциальные *(f)* – валунно-галечные отложения, пески; *5* – эолово-делювиальные *(Lvd)* – лёссы. Инженерно-геологические процессы и явления: *6* – подъем уровня грунтовых вод; *7* – подтопление территории; *8* – вторичное засоление; *9* – снижение уровня грунтовых вод; *10* – возникновение просадок; *11* – возникновение и оживление оползней; *12* – оживление карста; *13* – переработка берегов; *14* – глубина залегания грунтовых вод (в м): *а* – в естественных условиях, *б* – измененная в результате мелиорации. Границы: *15* – геолого-генетических комплексов; 16 – территории орошения; 17 – территории осушения; 18 – циклограммы с едиными условными знаками процессов и явлений, не выраженных в масштабе: *а* – просадки, *б* – карст, *в* – переработка берегов, *г* – подтопление территории

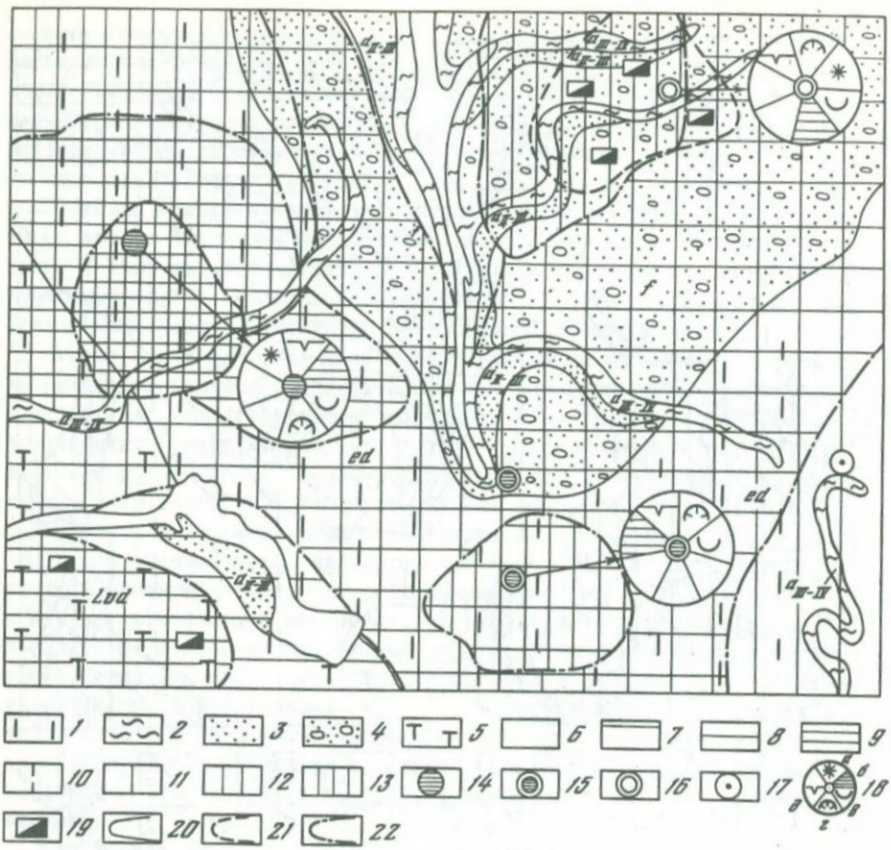


Рис. 2. Модель карты изменения геологической среды в связи с гражданским, промышленным и дорожным строительством

Геолого-генетические комплексы отложений и их характеристика: *1–5* – обозначения те же, что на рис. 1; Виды хозяйственного освоения. Градации территории по густоте железных и автомобильных дорог 1, 2, 3 класса с суммарной длиной на 2500 км^2: *6* – менее 100 км; *7* – 100 до 250 км; *8* – от 250 до 500 км; *9* – свыше 500 км. Градации территории по густоте городской застройки: *10* – с площадью застройки менее 4%; *11* – от 4 до 10%; *12* – от 10 до 20%; *13* – свыше 20%. Градации городов по численности населения: *14* – более 1 000 000 человек; *15* – от 300 000 до 1 000 000; *16* – от 100 000 до 300 000; *17* – менее 100 000 человек. Инженерно-геологические процессы и явления, вызванные промышленным, гражданским и дорожным строительством: *18* – циклограммы: *а* – оживление карста, *б* – понижение уровня грунтовых вод, *в* – оседание земной поверхности, *г* – оживление оползней, *д* – просадки; *19* – разработка строительных материалов. Границы: *20* – геолого-генетических комплексов; *21* – разрабоки группы месторождений строительных материалов; *22* – площадей по степени освоения

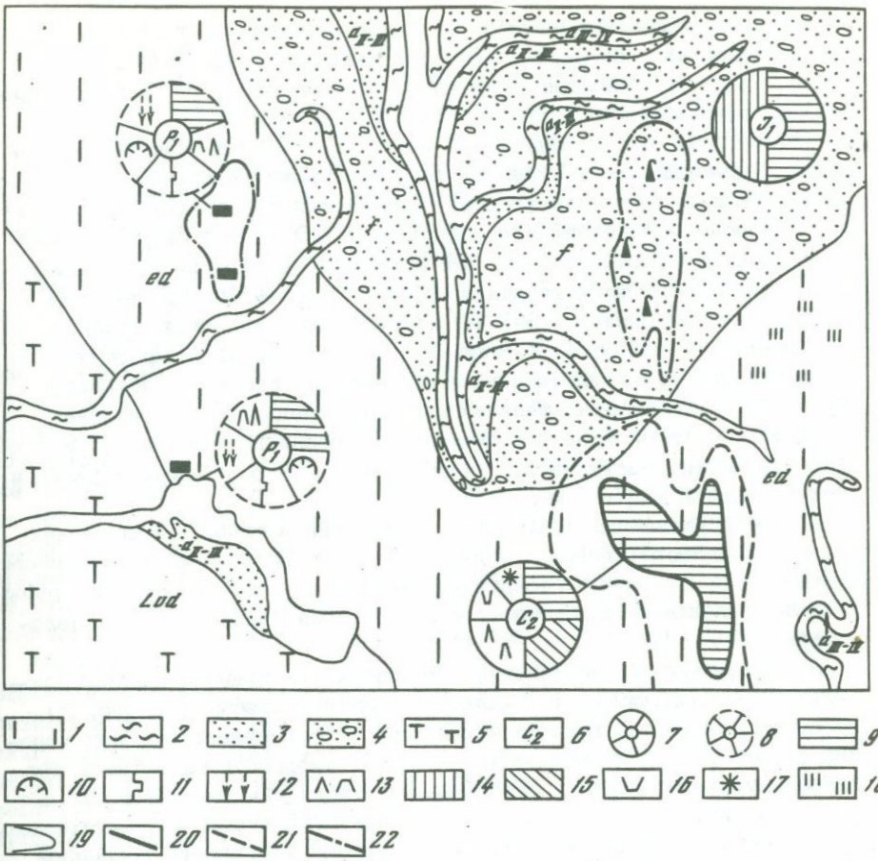


Рис. 3. Модель карты изменения геологической среды в связи с разработкой полезных ископаемых

Геолого-генетические комплексы отложений и их характеристика: *1–5* – обозначения те же, что на рис. 1; *6* – характеристика отложений, из которых ведется добыча полезных ископаемых; *7* – шахтный способ добычи; *8* – открытый способ добычи; *9* – снижение уровня грунтовых вод; *10* – оползни в бортах карьеров; *11* – выдавливание; *12* – плывуны; *13* – земляные отвалы и терриконы; *14* – оседание земной поверхности в связи с извлечением нефти и газа; *15* – сдвижение земной поверхности над подземными выработками; *16* – провалы над шахтными полями; *17* – оживление карста; *18* – рекультивированные земли. Границы: *19* – геолого-генетических комплексов; *20* – площадей, выработанных, находящихся в эксплуатации; *21* – площадей разведанных; *22* – группы месторождений

почвы), показываются на модели карты различной штриховкой. Процессы и явления, не выраженные в масштабе карты, выносятся в сектора круговых диаграмм едиными условными обозначениями (просадки, оползни, карст, переработка берегов и др.).

Из анализа рис. 1 видно, что в результате орошения территорий распространения аллювиальных, элювиально-делювиальных и эолово-делювиальных отложений уровень подземных вод первого от поверхности водоносного горизонта поднялся на 10 м, что вызвало здесь вторичное засоление почвы. При осушении территории, сложенной аллювиальными и флювиогляциальными отложениями, уровень подземных вод снизился на 3–5 м, на отдельных участках отмечено проседание поверхности, возникновение процесса развевания песков. Создание водохранилищ на обеих территориях вызывает процессы переработки берегов, оживление и возникновение новых оползней и др. Кроме того, отмечено повышение уровня подземных вод в прибрежной части водохранилищ, подтопление, а в отдельных случаях и заболачивание территории.

Прогноз указанных изменений территории в связи с гидротехническим и мелиоративным строительством необходим для обоснования мероприятий по охране геологической среды и своевременной борьбы с отрицательными инженерно-геологическими процессами и явлениями.

На модели карты изменения геологической среды в связи с промышленным, городским и дорожным строительством (см. рис. 2) показаны изменения гидрогеологических и геоморфологических условий территорий. Эти виды строительства вызывают развитие и возникновение определенных современных инженерно-геологических процессов и явлений, которые в свою очередь приводят к существенным изменениям геологической среды. Масштабы изменения последней находятся также в зависимости от степени застройки территории различными видами строительства.

На иллюстрируемой модели карты (см. рис. 2) территории разделяются по площади застройки и густоте сети железных и автомобильных дорог. На рис. 2 выделены следующие категории территорий: 1) с площадью застройки и густотой сети дорог менее 4%; 2) от 4 до 10%; 3) от 10 до 20% и 4) более 20%. На рис. 2 эти территории показаны различной штриховкой, густота которой отражает интенсивность застройки и сети дорог и связанные с ними инженерно-геологические процессы и явления. Здесь же показываются города с учетом численности населения.

В зависимости от масштаба города, его местоположения и видов городского строительства на карте отражается определенная закономерность в возникновении приуроченности или развитии тех или иных современных инженерно-геологических процессов и явлений (оживление карста, оползней, понижение уровня подземных вод в контурах водозаборов, подъем уровня грунтовых вод под асфальтовым покрытием, просадки, оседания земной поверхности, изменение глубин сезонного промерзания, оврагообразование, изменение сейсмичности

и др.). В связи с невозможностью отражения этих процессов и явлений в масштабе модели карты они показываются в секторах круговых диаграмм общепринятыми условными знаками.

Единым условным знаком обозначены места разработки строительных материалов, независимо от вида месторождения. Группы месторождений показываются отдельным контуром. Процессы и явления, вызванные разработкой крупных месторождений строительных материалов, показываются в секторах круговых диаграмм.

Максимальные методические трудности возникли при разработке легенды карты изменения геологической среды в связи с добычей полезных ископаемых, так как при этом происходят изменения не только на поверхности, но и в толще массивов горных пород на глубине до 2000 м и более. Кроме того, характер инженерно-геологических процессов существенно различен при разработке месторождений открытым способом (карьеры), при шахтной добыче полезных ископаемых, при извлечении нефти и подземных вод и применении методов подземного выщелачивания. Насколько существенно влияет на геологическую среду разработка и добыча полезных ископаемых, говорит тот факт, что разработка Курской магнитной аномалии вызвала резкое изменение гидрогеологических условий в этом районе, что привело к истощению запасов питьевых подземных вод на большой территории, далеко выходящей за границы собственно рудного узла.

Инженерно-геологические процессы и явления, связанные с разработкой конкретного месторождения или группы месторождений полезных ископаемых, показаны на модели карты в секторах круговых диаграмм специальными условными знаками (см. рис. 3). В зависимости от способа разработки месторождений (открытым или подземным) рисуется внешняя граница сектора. Здесь отражены следующие процессы и явления: снижение уровня подземных вод, оползни в бортах карьеров, выдавливание, суффозия, плывуны, проседание земной поверхности в связи с извлечением нефти, газа и подземных вод, провалы над шахтными полями, оживление карста. В центре круговой диаграммы показывается геологическим индексом возраст отложений, из которых добывается полезное ископаемое. На карте находит отражение и образование отвалов и терриконов, а также виды рекультивации этих антропогенных пустошей.

Помимо рассмотренных, аналитических по своей сущности карт (изменения геологической среды в связи с гидротехническим и гидромелиоративным строительством; изменения геологической среды в связи с промышленным, городским и дорожным строительством; изменения геологической среды в связи с добычей полезных ископаемых), составляется комплексная карта изменения геологической среды под влиянием всех видов строительства с прогнозной оценкой возможных изменений на неосвоенные площади. На этой карте необходимо дать количественную оценку степени комплексного освоения и интенсивности изменения геологической среды в пределах застроенных территорий. Такая карта является научной основой для рационального использования геологической среды.

ABSTRACT

The study of alterations taking place in geology environment under the influence of varied man's activities is a vital problem having immediate practical significance, too. An atlas of maps of environmental geological alterations has been prepared. These maps characterize the extent of land use and the nature of environmental geological alterations as a result of civil, industrial and road construction on a mass scale, mineral resources extraction and hydroengineering construction. On their basis a comprehensive map is being prepared which gives quantitative characteristics of the extent of integrated land use, the intensity of environmental geological alterations within the limits of the built-up territories and a prognostic estimation of probable alteration on the territory not used by man. Such a map might be a scientific basis for rational engineering geological use of territories.

В. П. СОЛОНЕНКО

ОПОЛЗНИ И ОБВАЛЫ В СЕЙСМИЧЕСКИХ ЗОНАХ И ИХ ПРОГНОЗ

Усилия многих ученых и крупные капиталовложения направлены в наше время на решение проблемы предсказания времени землетрясения.

При этом не учитываются 2 важных факта:

1) современные знания о процессах, приводящих к разрушительным землетрясениям, не оставляют места для сомнения в том, что точное предсказание интенсивности, места и времени их наступления пока недостижимо; 2) при катастрофических землетрясениях, особенно в горных районах, нередко большая часть человеческих жертв и материальных потерь связана не с самими землетрясениями, а с сопутствующими сейсмогравитационными явлениями (обвалы, оползни, сели) (Солоненко, 1974).

Так, Чилийские землетрясения в мае 1960 г. (М до 8,4–8,6) вызвали тысячи оползней и обвалов, частью сопровождавшихся образованием новых озер, уничтожением старых, селевыми потоками, принесшими большой материальный ущерб и человеческие жертвы (Tazieff, 1960; Davis, Kurzulovic, 1963; Weischet, 1963 и др.).

При Аляскинском землетрясении 27. III 1964 г. (М=8,6) от цунами были наибольшие человеческие жертвы, а самый большой материальный ущерб причинили оползни (Hansen, Eckel, 1966). С Перуанским землетрясением 31.V 1970 г. (М=7,7) связан широко известный Гуаскаранский обвал. Под обвальной массой погребены г. Юнгей и часть г. Ранрахирка с 18 тыс. человек – 40% жертв и разрушений землетрясения (The Peru..., 1970). Большая часть

остальных убитых – жертвы обвалов, оползней и селей (Plafker, Ericksen, 1971).

Эпицентры Чилийских, Аляскинского и Перуанского землетрясений находились в Тихом океане, на суше интенсивность их существенно падала. Поэтому жертвы и убытки, связанные с собственно сейсмическим воздействием, составляют всего 10–20% от общего ущерба, а с сейсмогравитационными явлениями – 80–90%.

Но не только такие уникальные сейсмические катастрофы опасны для человека и природы. "Рядовые" сильные землетрясения, охватывающие площади во много раз меньшие, повторяются в сотни раз чаще и суммарный их разрушительный эффект сопоставим с катастрофическими землетрясениями. Так, например, при землетрясении (M=6,1) в Новой Гвинее в 1973 г. обвалы охватили 240 км^2. На площади 60 км^2 был полностью удален растительный и почвенный слой. По подсчетам (Pain, Bowler, 1973), в районе землетрясений удаляется до 60–70% денудационного слоя.

Приведенные примеры (немногие из известных) показывают, насколько жизненно важен инженерно-сейсмологический прогноз. Если бы даже было известно время землетрясений, селения все равно были бы разрушены, погибло бы и большинство людей, не в своих жилищах, а на площадях, где они искали бы спасения. Поэтому инженерная сейсмогеология, находящаяся еще в зачаточном состоянии, должна быстро подняться в ряд важнейших отраслей знаний.

СЕЙСМОГЕННЫЕ ОПОЛЗНЕ-ОБВАЛЬНЫЕ ЗОНЫ

Опасные оползне–обвальные зоны при сильнейших землетрясениях охватывают площадь до многих сотен тысяч квадратных километров. Никакое другое природное явление не вызывает и не может вызвать столь грандиозных по размерам, количеству и пораженной площади движений горных пород.

Изменение устойчивости горных масс при землетрясениях может быть обусловлено различными причинами. Главнейшие из них: 1) сейсмические ускорения и падение прочности горных пород; 2)изменение угла наклона неустойчивых плоскостей; 3) тиксотропное разжижение горных пород.

Сейсмические ускорения являются поводом оползней, обвалов и других гравитационных явлений на склонах. Однако сколько-нибудь удовлетворительной математической модели связи землетрясение – гравитационное смещение нет, и возможность решения такой задачи пока не предвидится. Расчеты вероятного характера возникающих при землетрясениях напряжений на склонах ведутся в области, считающейся линейной (по расчетным записям по сейсмограммам, акселограммам, велосиграммам), но приборы записывают колебательные, а не истинные движения земной коры. При обследовании катастрофических землетрясений ($M > 7^3/4$, $J_0 > X$ баллов), там где это можно надежно определить (по зеркалам скольжения, особым

типам сейсмогенных складчатых структур и т.д.), выявляется, что истинное движение может быть поступательно-возвратным (в вертикальном и горизонтальных направлениях) с вращением. Кроме того, при расчетах необходимо учитывать глубину заложения поверхности отрыва, вес активной и пассивной частей оползне-обвала, длительную прочность и прочность в момент сотрясения, угол и направление подхода сейсмических волн, длительность сотрясения, степень обводненности, степень снятия напряжений или, наоборот, степень подготовленности к смещениям горных масс предыдущим землетрясением и множество других показателей, большинство которых на практике, особенно при региональной оценке оползнево-обвальной опасности, установить невозможно.

Некоторое общее представление о влиянии сейсмических ускорений можно получить, если рассматривать сейсмическое воздействие на склон как увеличение его угла наклона $\Delta\alpha°$:

J	M	m	$\Delta\alpha°$
V	4–4 1/2	12–25	0,5–1,5
VI	4 1/2–4 3/4	25–50	1,5–3
VII	4 3/4–5 1/2	50–100	3–6
VIII	5 1/2–6 1/2	100–200	6–12
IX	6 1/2–7	200–400	12–25
X	7–7 3/4	400–800	25–38

J – балл по MSK–64; m – сейсмическое ускорение в см/с^2 для периодов 0,1–0,5 с, M – магнитуда при глубинах очагов 15±5 км.

Приведенные цифры показывают, что при соответствующих условиях поводом оползней и обвалов могут быть уже землетрясения в IV–V баллов. Такие случаи известны. Однако по длительным наблюдениям за оползнями в Крыму установлено, что в период сильного увлажнения уже землетрясения в IV балла вызывают резкую активизацию оползней, в то время как при недостаточном увлажнении они не смещались даже при землетрясении в VIII баллов (Глухов, 1959).

Гораздо надежнее, чем по математическим моделям, определять опасные обвальные зоны по сейсмостатистическим и палеосейсмогеологическим (Солоненко, 1962, 1973) данным. Комбинация этих двух методов дает возможность наметить контуры площадей, охватываемых сейсмогравитационными явлениями при землетрясениях определенной интенсивности, определить их типы, динамику и т.д., характерные для данной сейсмической области с ее специфическими особенностями инженерной сейсмогеологии и проявления землетрясений.

Сейсмогравитационные явления имеют массовое развитие на изосейсмальных площадях VII–VIII баллов и выше. Общая площадь, на которой можно ожидать развитие сейсмогравитационных явлений,

приблизительно совпадает с общей площадью возможных деформаций земной коры и в известной мере подчиняется приведенному ниже соотношению (1).

Изменение угла наклона неустойчивых плоскостей. Из теории оползней и обвалов известно, что на метастабильных склонах достаточно изменения углов наклона на десятки секунд, чтобы нарушилось равновесие склона и потенциальные или стабилизированные оползни и обвалы пришли в движение.

Один из наиболее достоверных случаев подобных оползней описал Hadley (1964). При землетрясении Хебген ($M=7\frac{3}{4}$, глубина очага $\sim$10–12 км, X баллов – Morphy, Brazec, 1964) давно стабилизировавшийся оползень был рассечен сбросом с амплитудой 0,9 м. В результате увеличился наклон поверхности скольжения на 23 мин. Это нарушило установившееся равновесие, и через 5 дней после землетрясения оползень пришел в движение.

Изменение угла наклона возможно при всех типах сейсмотектонических деформаций – региональных, зональных, локальных (Солоненко, 1973).

Региональные движения земной коры сопровождают все сильные землетрясения ($M > 6–6,5$) и охватывают площади от сотен (при $M=6,5$) до сотен тысяч квадратных километров (при $M > 8,5$) с амплитудой вертикальных смещений до 15 м и более. Для землетрясения с коровыми очагами площадь деформаций приближенно определяется по соотношению:

$$\lg S = (0,99 \pm 0,07)\, M - 3,6. \qquad (1)$$

Естественно, что не по всей деформированной площади изменившиеся наклоны достаточны для проявления оползней и обвалов, но при региональных прогнозах такую возможность необходимо учитывать. По-видимому, часть оползней, происшедших во время или вскоре после Чилийских землетрясений (Tazieff, 1960; Weischet, 1963) и не имевших других видимых причин, связана именно с изменением наклона ослабленных плоскостей в горных массах.

Зональные сейсмотектонические деформации – это движения сейсмогенных морфоструктур. Наиболее изученные примеры: 1) подъем на 1–1,5 м и сдвиг на 1–1,2 м к востоку хр. Удокан и одновременное смещение к западу и опускание на 5–6 м сопряженной с хребтом эмбриональной рифтовой впадины при Муйском землетрясении 26.VI 1957 г. ($M=7,9$, $h \approx 22$ км, X–XI баллов) на востоке Байкальской рифтовой зоны (Солоненко, 1965); 2) подъем до 10 м и сдвиг до 8,85 м хребта (275×30 км, высота до 4000 м) в Гобийском Алтае при землетрясении 4. XII 1957 г. ($M=8,6$, $h \approx 25$ км, XII баллов) (Солоненко, 1960; Гоби-Алтайское землетрясение, 1963; Florensov, Solonenko, 1965).

Зональные сейсмотектонические дислокации сопровождаются значительным количеством различных локальных сейсмотектонических деформаций (сбросы, взбросы, грабены, сдвиги и т.д.). Совместно

они резко изменяют углы наклона ослабленных зон на площади до 20 км^2. Однако основной объем неустойчивых горных масс здесь сбрасывается во время землетрясений и его афтершоков за счет сейсмических ускорений. Если сейсмогенная структура находит конкретное геологическое отражение в зоне разлома, то наиболее существенные изменения наклонов происходят вдоль такой зоны. При сильных землетрясениях в них возникают системы сейсмодислокаций, общая протяженность которых может быть определена по магнитуде ожидаемых землетрясений.

$$\lg l = (1{,}01 + 0{,}02)\, M - 6{,}18. \qquad (2)$$

Она обычно колеблется от сотен метров (при $M = 6\frac{1}{2}$) до сотен километров (при $M > 8\frac{1}{2}$).

Тиксотропное разжижение горных пород при землетрясениях вызывает просадки поверхности земли, грязевые извержения, оползни. Многочисленные разрушительные оползни такого типа произошли при Чилийском и Аляскинском землетрясениях. На Аляске они нанесли ущерб, исчисляющийся сотнями миллионов долларов. Оползень Тернагейн захватил большую часть г. Анкоридж (Hansen, Eckel, 1966). При разведке склона у порта позднее было установлено, что при статическом положении склон здесь вполне устойчив.

Тиксотропное разжижение глинистых горных пород не только сводит почти до нуля их несущую способность, но и обусловливает мощное динамическое воздействие на кроющие, часто прочные отложения, которые взламываются и смещаются. Подобные явления наблюдались на обширных площадях при землетрясениях в Монголии (Хангайские 9 и 23. VII 1905 г., M=8,4 и 8,7; Гоби-Алтайское 4. XII 1957 г., M=8,6; Могодское 5.I 1967 г., $M = 7\frac{3}{4}$).

Ранее предполагалось, что к массовому тиксотропному разжижению способны преимущественно пылеватые пески (истинные плывуны и псевдоплывуны), но после землетрясений в Чили, на Аляске и в Ниигата (16. VI 1964 г., $M = 7\frac{1}{2}$) выяснилось, что разжижаются нередко даже песчано-гравийные, моренные и подобные им породы.

При прогнозировании сейсмогенных оползней тиксотропного разжижения необходимо обращать внимание прежде всего на прибрежные районы, где возможны землетрясения интенсивностью выше VII баллов.

ГЛАВНЕЙШИЕ ТИПЫ СЕЙСМОГЕННЫХ ОПОЛЗНЕЙ И ОБВАЛОВ

1. Гравитационно-сейсмотектонические клинья. При сильнейших землетрясениях (M > 8) в случае раскрытия узла пересечения активных разломов иногда происходит оседание клина земной коры. Площадь клиньев от первых километров до первых десятков километров, амплитуда вертикального смещения – от десятков до многих сотен метров. Такие смещения, естественно, сопровождаются обвалами.

Образование клиньев, по-видимому, происходит не мгновенно и менее катастрофично для окрестностей, чем можно было ожидать. Так, на структуре Битут в Гобийском Алтае на значительной части поверхности сохранился почвенный слой, а у фронтальной линии – даже деревья, хотя амплитуда вертикального смещения достигала 328 м (Гоби-Алтайское землетрясение, 1963).

2. Сбросо-оползне-обвалы образуются там, где сейсмогенные сбросы отсекают склоны и мысы гор, выдвинутые в долину. При сильном землетрясении отсеченные участки гор оседают, сдвигаются в сторону долины, частью переходят в истинные обвалы (Солоненко, Хромовских, 1974). Динамика их близка к динамике деформаций первого типа.

3. Срывы вершин гор происходят при сильнейших землетрясениях с поступательно-возвратным движением земной коры. Часть сорванных вершин поворачивает вокруг оси и по периметру происходят не очень крупные обвалы, но часть сколотых вершин сбрасывается в ущелья (Гоби-Алтайское землетрясение, 1963; Хромовских, 1965).

4. Оползни соскальзывания. В районах, сложенных умеренно дислоцированными осадочными или вулканогенно-осадочными образованиями, при землетрясениях на статически устойчивых участках сползают пачки площадью до нескольких квадратных километров. Так, при Дагестанском землетрясении 14.V 1970 г. (M=6,6) образовались многочисленные оползни соскальзывания. Ачийский оползень (~ 10 млн. $м^3$) на протяжении 1 км пересек долину Чвахун-бак и блокировал ее. На склоне образовался грабенообразный ров шириной до 180-200 м, глубиной до 40 м. Выше по склону образовалась еще одна линия сейсмогенных трещин, подготовившая новый оползень (Клименко, Царев, 1971). В другом месте оползание одной из вершинных частей куэсты создало полную иллюзию скола вершины горы.

При резко выраженных плоскостях слоистости, сланцеватости или тектонической трещиноватости оползни соскальзывания могут произойти и в кристаллических породах.

5. Сейсмовибрационные оползни и обвалы. На побережье Черного моря при изучении следов древних землетрясений установлены оползни и обвалы, образование которых можно связать только с сейсмогенно-вибрационной ползучестью, обусловленной длительными сейсмическими колебаниями умеренной силы (порядка VIII–IX баллов). Части горных массивов смещались (часто независимо от напластования флишевой толщи) в сторону моря или долин, иногда полностью перекрывая их. Некоторые участки склонов разрушались, формировались каменные лавины, уходившие от своего источника до 3,5 км (из них до 2 км по дну моря), в то время как при обычных гравитационных обвалах они могли отходить от подошвы обвального склона всего на 50-100 м. Это явление, названное нами "понтическим феноменом" (Солоненко, Хромовских, 1974), может иметь место и в Средиземноморье, где в истории не раз отмеча-

12 967

лись необычно продолжительные землетрясения (последнее из них 9–13.VIII 1953 г. с М до 7 на Ионических островах).

6. Сейсмотектонические оползни и обвалы. Подавляющее большинство гигантских обвалов и оползней приурочено к зонам сейсмоактивных разломов и прямо или косвенно связано с землетрясениями (Солоненко, 1950; Чуринов, 1964; Золотарев и др., 1968; Федоренко, 1968).

Сейсмотектонические движения земной коры создают неустойчивость горных масс, а катастрофические их движения обусловливаются, как правило, землетрясениями. При них не только образуются обвалы и оползни, но одновременно подготавливаются новые.

Сейсмотектонические обвалы развиваются преимущественно как оползни–обвалы. Собственно обрушение происходит уже после прохождения наиболее сильных сейсмических колебаний, и обвальная масса имеет обычную динамику, в том числе и дальность отлета.

7. Сейсмогенные обвалы с сейсмовозбужденной обвальной массой. Для образования таких обвалов, по–видимому, необходимо два условия: мгновенное обрушение и дробление горных пород и воздействие на скатывающуюся мелко–среднеглыбовую массу сильных сейсмических колебаний. Сейсмовозбужденная обвальная масса движется с громадными скоростями, проходит путь, во много раз больший обычного, может пересекать долины и высоко подниматься на противоположные склоны. Есть факты, указывающие на возможность перелета такой обвальной массы через ущелья (Солоненко, Хромовских, 1974). Насколько нам известно, детально задокументирован только один такой обвал, связанный с Хаитским замлетрясением 10.VII 1949 г. (X баллов, M=7,5). Скорость его была около 100 км/ч, путь – до 10,5 км. Перед обвалом шла мощная воздушная волна. Она сметала сооружения, ломала или вырывала с корнями деревья и отбрасывала их по воздуху на сотни метров.

Следы сейсмовозбужденных обвалов установлены в разных высокосейсмичных районах. В Заилийском хребте они проходили до 30 км, уходя на 10–15 км от подножия гор (Курдюков, 1964). По–видимому, к такому же типу относится один из крупнейших обвалов в мире – Сейдмаре (Иран) объемом около 30 км^3 (длина стенки отрыва 14,5 км). Обвальная масса прошла до 17,5 км, по пути перевалив хребет высотой до 600 м, и покрыла площадь в 165 км^2 (Harrison, Falcon).

8. Сейсмогравитационные обвалы на воздушной подушке (?). Уникальный обвал произошел при Перуанском землетрясении 31.V 1970 г. (M=7,7). С горы Гуаскаран с высоты 5500–6400 м сорвалось 50–100 млн.м^3 грунта и льда. Обвал падал по вертикали 1 км, а далее по уклону 22° – 3 км, 5° – 10 км. Обвал развил скорость не менее 280–335 км/ч, а по баллистическим расчетам (многотонные глыбы отбрасывало в сторону до 1600 м) – более 450 км/ч, что позволило обвальной массе переметнуться через гребень высотой 230 м, пересечь долину Рио–Санта и подняться

еще на противоположный борт на 83 м. По Рио-Санта к морю прошел сель на 160 км, разрушивший гидроэлектростанцию.

Местами, где прошел обвал, растительно-почвенный слой оказался ненарушенным. Исследователи обвала это (как и гигантскую скорость обвала) объясняют тем, что обвальная масса перемещалась на воздушной подушке (Plafker, Ericksen, 1971).

9. Сейсмогенные земляные лавины и потоки. В районах с мощными покровными отложениями, особенно в лёссовых областях, при сильных землетрясениях развивается масса земляных оползней, оплывин и обвалов. Особенно опасны последние. Они движутся подобно снежным лавинам. Одиночные земляные лавины могут пересекать долины и на сотни метров подниматься на противоположный склон. При достаточно мощном водном потоке они в долине могут преобразовываться в селевые потоки. При массовом схождении лавин (особенно со встречным движением), при столкновении земляные массы получают мощный динамический импульс и с громадной скоростью направляются вниз, образуя стремительный земляной поток.

В сейсмических районах с мощными лёссовыми отложениями по существу на любых участках с углами наклона более $10-12^{\circ}$ возможно возникновение земляных лавин и потоков. Но такое прогнозирование теряет практический смысл. Поэтому необходимо выделять наиболее опасные районы. К ним следует относить вероятные плейстосейстовые зоны землетрясений интенсивностью VIII баллов и выше. Наиболее опасны долины, параллельные сейсмоактивным разломам. В них наиболее вероятно формирование мощных земляных потоков.

РОЛЬ ПАЛЕОСЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА В ПРОГНОЗЕ ОПОЛЗНЕ-ОБВАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ

В палеосейсмогеологическом методе определения места, интенсивности и повторяемости сильных землетрясений (Солоненко, 1962, 1973) широко используются следы древних сейсмогравитационных явлений.

Палеосейсмогеологические данные по плейстосейстовым зонам сильнейших землетрясений текущего столетия, сопровождавшихся катастрофическими сейсмогравитационными явлениями, показывают, что наиболее крупные оползни и обвалы имеют устойчивую тенденцию повторяться в одних и тех же районах (Solonenko, 1972).

Поскольку оценка сейсмогенно-гравитационной устойчивости склонов по математическим моделям (с целью регионального прогнозирования) невозможна, то прогнозирование сейсмогравитационной опасности должно проводиться прежде всего по сейсмостатистике и палеосейсмогеологическим данным (на инженерно-сейсмогеологической основе).

Инженерно-сейсмогеологические районы, где имеются следы мощных сейсмогравитационных феноменов, должны быть запретными для крупного строительства.

Поскольку статистические данные имеют решающее значение для прогнозирования сейсмогравитационных явлений, считаем крайне важным приступить к составлению их каталога под эгидой международной инженерно-геологической организации.

ABSTRACT

During many earthquakes the great part of victims and material damage is connected not with seismic influence upon constructions but with accompanying seismogravitational phenomena. The paper deals with the reasons that cause the latter and gives short description of the most principal types of seismogenic landslides and collapses and recommendations on their prediction. The author considers that nowadays the prediction of seismogravitational phenomena on mathematical models is impossible. Dangerous landslides-collapse zones are determined well enough on empiric data: seismostatistics, engineering-seismogeological and paleoseismogeological.

ЛИТЕРАТУРА

Глухов И.Г. О землетрясениях как об одном из факторов активизации оползней Горного Крыма. – Вестн. МГУ, 1959, № 4.

Гоби-Алтайское землетрясение. Под ред. Н.А. Флоренсова, В.П. Солоненко. М., Изд-во АН СССР, 1963.

Золотарев Г.С., Матвеев Ю.Д., Шешеня Н.Л. Типы горных обвалов и оползней района Токтогульской ГЭС на р. Нарыне и вопросы их прогноза. – Вопр. инж.-геол. и грунтовед., вып. 2. Изд-во МГУ, 1968.

Клименко А.И., Царев П.В. Сейсмогенный оползень в Дагестане. – В сб.: Проблемы инженерной геологии Северного Кавказа. Сочи, 1971.

Курдюков К.В. Новейшие тектонические движения и следы крупнейших сейсмических толчков на северном склоне Заилийского хребта. – В сб.: Активизированные зоны земной коры, новейшие тектонические движения и сейсмичность. М., "Наука", 1964.

Солоненко В.П. Динамические явления, связанные с неотектоникой Вост. Сибири. – Докл. АН СССР, 1950, 72, № 1.

Солоненко В.П. Гоби-Алтайское землетрясение. – Геология и геофизика, 1960, № 2.

Солоненко В.П. Определение эпицентральных зон землетрясений по геологическим признакам. – Изв. АН СССР, серия геол., 1962, № 11.

Солоненко В.П. Живая тектоника в плейстоценовой области Муйского землетрясения. – Изв. АН СССР, серия геол., 1965, № 4.

Солоненко В.П. Палеосейсмогеология. – Изв. АН СССР, Физика Земли, 1973, № 9.

Солоненко В.П. Сейсмогеология и проблема предсказания землетрясений. – Геология и геофизика, 1974, № 5.

Солоненко В.П., Хромовских В.С. Мощные землетрясения Большого Кавказа. – Природа, 1974, № 6.

Федоренко В.С. Тектонические и сейсмические явления и их значение в формировании катастрофических обвалов и оползней (в районах Четкаль-

ского и Алтайского горно-складчатых сооружений). – Вопр. инж.-геол. и грунтовед., вып. 2. Изд-во МГУ, 1968.
Хромовских В.С. Сейсмология Южного Прибайкалья. М., "Наука", 1965.
Чуринов М.В. Оползень, породивший озеро. – Природа, 1964, № 8.
Davis S.N., Karzulovic K. Landslides at Lago Rinihue, Chile. – Bull.Seismol. Soc. America, 1963, 53, N 6.
Florensov N.A., Solonenko V.P. The Gobi-Altai earthquake. Jerusalem-Washington, 1965; Jerusalem, 1965; London, 1966.
Hadley J.B. Landslides and related phenomena accompanying the Hebgen Lake earthquake of August 17. 1959. – Geol. Survey Profess. Paper, 1964, N 435.
Hansen W.R., Eckel E.B., Scaem W.E., Lyle R.E., Gorge W., Chancce G. The Alaska earthquake March 27. 1964. – Geol. Survey Profess. Paper, 1966, N 541.
Miller Don J. The Alaska earthquake of July 10 1958: giant wave in Lituya Bay. – Bull. Seismol. Soc. America, 1960, 50, N 2.
Morphy L.M., Brazec R.J. Sismological investigations of the Hebgen Lake earthquake. – Geol. Survey, Profess. Paper, 1964, N 435.
Pain C.F., Bowler J.M. Denudation following the November 1970 earthquake at Madang, Papua, New Guinea. – Z. Geomorphol., 1973, Suppl. 18.
Plafker G., Ericksen G.E., Concha J.F. Geological aspects of the May 31 1970 Peru earthquake. – Bull. Seismol. Soc. America, 1971, 61, N 3.
Solonenko V.P. Seismogenic destruction of mountain slopes. – Internat. Geol. Congr., XXIV Session, Sect. 13, Engng Geol. General Papers. Montreal, 1972.
Tazieff H. Inteprétation des glissements de terrain accompagnant le grant sé-smic du Chili. – Bull. Soc. Belge géol., 1960, LXIX, fasc. 2.
The Peru earthquake: a special study. – Bull. Atomic Sci., 1970, 26, N 8.
Weischet W. Further observations of geologic and geomorphic changes resulting from the catastrophic earthquake of May 1960, in Chile. – Bull. Seismol. Soc. America, 1963, 53, N 6.

О. С. ПОДКАМИНЕР

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ВЫЗВАННЫЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

ТЕКТОНИКА И ТЕХНОГЕННАЯ ТЕКТОНИКА

Тектоника – наука о строении Земли и законах ее развития. Это определение, предложенное М.М. Тетяевым (1941), сейчас является общепризнанным.

Однако долгое время было неясно, следует ли ограничивать предмет тектоники явлениями, которые генетически связаны с эндогенными силами, или она должна охватывать целый ряд явлений и процессов, связанных и с силами экзогенными. Последний, более широкий взгляд на задачи тектоники был утвержден Ю.А. Косыгиным (1969), который писал: "Задача тектонических исследований заключается прежде всего в том, чтобы изучить тектоническую структуру, а затем уже делать выводы об ее происхождении, об участии

тектонических движений в ее формировании и о генезисе самих этих тектонических движений".

Действительно, раз выводы о происхождении структур и причинах тех или иных тектонических процессов могут основываться лишь на изучении самих структур и процессов, то априорное разделение объектов изучения на эндогенные и экзогенные неправомочно. Поэтому и нет нужды подразделять тектонику на эндогенную и экзогенную.

Как отмечает В.И. Вернадский, человек, вооруженный техническими средствами,– новая могущественная сила, будучи по своему происхождению экзогенной, принципиально отличается от других геологических агентов тем, что действует не слепо, а с заранее определенным намерением, сознательно, на основе разума. Поэтому есть смысл выделить ее из экзогенных сил, обозначив специальным термином – техногенные силы. Этот термин уже начал утверждаться в геологической литературе.

Инженерная деятельность человека, быстро развиваясь, стала оказывать на земную кору воздействие, сравнимое по результатам с воздействием экзогенных и эндогенных сил (Леггет, 1969). Соответственно в сферу тектоники попали формы, процессы и явления, причина которых – инженерная деятельность. Они отличаются от всех остальных форм, явлений и процессов, изучаемых тектоникой, тем, что их генезис задан. Поэтому методология исследования техногенных тектонических процессов, явлений, форм будет существенно иная. Если в классической тектонике исследование развивается от структуры к генезису, то в техногенной тектонике приемлем только обратный путь – от генезиса к структуре. Следовательно, появляются основания для выделения ее внутри тектоники в качестве отдельной отрасли.

Следует сказать несколько слов о самом термине "техногенный". Буквальное его значение "порожденный техникой" очень удачно отражает необходимость применения технических средств для воздействия на тектонику, в то время как встречающиеся в литературе синонимы "вызванный человеком" (man–made) и "антропогенный" лишены этого преимущества. Кроме того, термин "антропогенный", употребляемый рядом авторов (Рябчиков, 1970; Котлов, 1971; Гольц, 1971), фонетически очень близок к термину "антропогеновый", имеющему совершенно другой смысл, что может привести к некоторой путанице.

В советскую литературу термин "техногенный" применительно к движениям земной коры был введен И.Д. Гофштейном (1970), а затем использовался многими авторами. Нужно отметить, что этот автор противопоставляет техногенные движения земной коры тектоническим движениям (Гофштейн, 1970), что нельзя признать правильным, ибо исходя из определения тектоники любые процессы, ведущие к изменению строения Земли, являются объектом изучения тектоники, независимо от их генезиса. Также не следует, говоря о техногенных процессах и явлениях в земной коре, применять к ним

термин "псевдотектонический" (Рихтер, 1957; Гольц, 1971) или "квазитектонический" (Косыгин, 1969), так как при этом одна из составляющих тектоники терминологически отрывается от других ее частей.

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

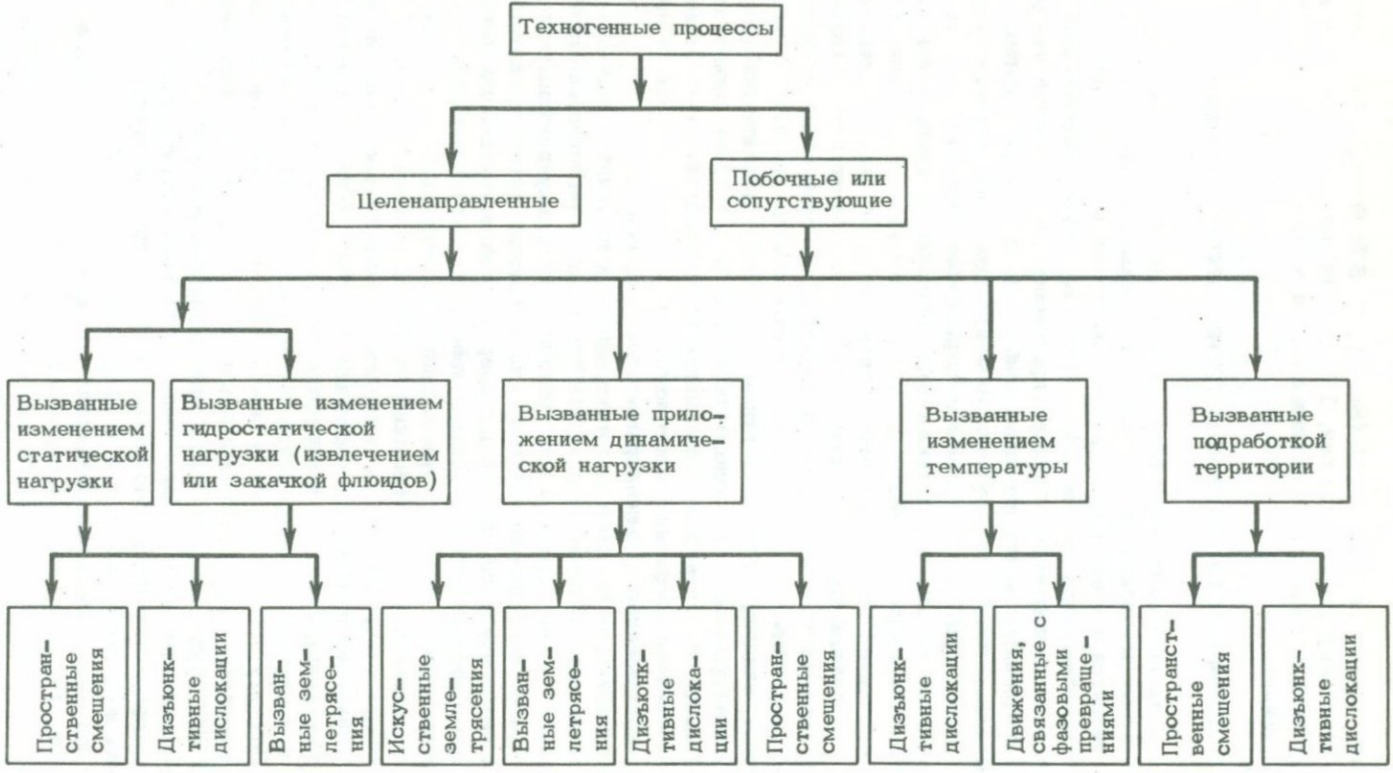
Причины техногенного характера, вызывающие тектонические изменения в геологической среде, могут быть самыми различными. К ним относятся изменение статической нагрузки на поверхность Земли, изменение гидростатической нагрузки в недрах, вызванное извлечением или закачкой флюидов, приложение динамической нагрузки к поверхности Земли или какой-либо зоне недр и ряд других. Техногенные тектонические явления – это пространственное смещение структур или их крупных частей, развитие дизъюнктивных и пликативных дислокаций, а также возникновение вызванных и искусственных землетрясений.

Несмотря на то что все техногенные процессы вызваны деятельностью человека, они могут быть как целенаправленными, заранее рассчитанными, так и побочными, случайными. Например, землетрясения, происходящие при заполнении водохранилищ, до сих пор проявляются, видимо, случайно и никак не входят в расчеты инженеров, проектирующих эти водохранилища. В то же время процессы образования искусственных дизъюнктивных нарушений при скважинных взрывах на нефтяных месторождениях с целью увеличения нефтеотдачи относятся к целенаправленным процессам.

Классификация техногенных тектонических процессов, разработанная автором (Подкаминер, 1973), построена на причинности этих движений, т.е. на генетическом принципе, поскольку причины в каждом случае являются заданными, в отличие от тектонических движений геологического прошлого и современных естественных тектонических движений, генезис которых в большинстве случаев неясен.

На схеме видно, что состав как целенаправленных, так и побочных техногенных тектонических процессов одинаков. Стоит ли их в таком случае разделять в классификации? На нынешнем этапе это разделение правомерно, поскольку при разработке инженерных проектов, воздействующих на природу, мы пока еще не умеем учитывать и рассчитывать все многообразие последствий наших действий. Поэтому некоторые результаты всегда являются в той или иной степени неожиданными, случайными и, во всяком случае, нерасчетными. Например, при заполнении водохранилища мы точно знаем, сколько электрической энергии получим на генераторах гидроэлектростанции, но не имеем никакого понятия о том, на сколько, где и когда изменится скорость и направление движения блоков земной коры под весом воды водохранилища или в результате изменения гидростатического давления в разделяющих блоки разломах.

А до тех пор пока это так, нужно подчеркнуть в классификации наличие побочных или сопутствующих процессов, чтобы не концент-



Классификация техногенных тектонических процессов

рировать внимание только на процессах целенаправленных, нами запланированных и поэтому очевидных.

По мере того как методы прогнозирования техногенных тектонических процессов будут приближаться к совершенству, роль подобных процессов уменьшится. И если мы сможем рассматривать все техногенные тектонические процессы как совершающиеся по воле человека, входящие в расчет и заранее предусмотренные, то рубрика побочных или сопутствующих процессов в классификации станет излишней.

Любой участок геологической среды, независимо от своего строения и положения в пространстве, подвергается действию статических нагрузок, передаваемых ему через соседние участки среды. Особый случай представляют участки, расположенные на границе геологической среды с атмосферой или гидросферой Земли, которые также передают им свою нагрузку. Под действием статических нагрузок отдельности земной коры перемещаются в пространстве, а составляющее их вещество претерпевает те или иные изменения (например, уплотняется, собирается в складки, растрескивается). В случае временного равновесия нагрузок, действующих на отдельность, она может находиться в течение определенного периода в состоянии покоя. Искусственно изменяя статические нагрузки на какую-либо механическую отдельность в земной коре, скажем, на пласт глины или блок жестких пород, ограниченный разломами, мы можем, превысив определенный количественный рубеж, повлиять на ход естественных процессов и тем самым придать им техногенный характер. Существенное изменение статических нагрузок может произойти при заполнении или опорожнении водохранилищ, разработке карьеров, возведении отвалов и терриконов, строительстве городов.

Особым видом естественных статических нагрузок в геологической среде являются нагрузки гидростатические, которые передаются жидкостями, заполняющими поры и пустоты в горных породах. Предполагают, что этот способ передачи нагрузок возможен лишь в верхних горизонтах земной коры, ориентировочно до глубины 15-20 км. Природные гидрогеологические системы характеризуются определенными градиентами давлений, которые регулируются балансом жидкости в системе. Искусственно изменяя этот баланс, мы изменяем степень воздействия системы на вмещающую ее геологическую среду. Способами изменения гидрогеологического баланса являются эксплуатация жидких (и газообразных) полезных ископаемых, изменение давления в открытых гидрогеологических системах путем заполнения и сработки водохранилищ, а также закачка в недра жидких и газообразных веществ (например, воды при законтурном обводнении нефтяных месторождений или горючих газов в подземные естественные газохранилища).

В результате искусственного изменения статического или гидростатического давления мы можем возбудить ряд техногенных тектонических процессов. Наиболее распространены пространственные смещения тех или иных механических отдельностей земной коры, а

говоря точнее, нарушения естественного хода этих смещений. В качестве примера нарушений, вызванных статическими нагрузками, можно привести данные о корреляции дифференцированных блоковых движений в районе г. Апатиты с ростом нагрузки от городской застройки (Богданов и др., 1973), гидростатическими нагрузками – сведения о понижении поверхности в г. Ниигата (Япония) в связи с откачками подземных вод (Takeuchi, Kimoto,1970).

Искусственное изменение статических или гидростатических нагрузок может сопровождаться возникновением дизъюнктивных дислокаций в результате перераспределения напряжений в массиве горных пород. К этим процессам относится образование трещин отпора в скальных откосах карьеров, выемок каналов и припортальных участков тоннелей. Характерным примером образования дизъюнктивных дислокаций при изменении гидростатического давления является так называемый гидравлический разрыв пластов, наблюдаемый при закачках жидкостей в недра.

Большая литература посвящена проблеме вызванных землетрясений, связываемых с заполнением крупных водохранилищ. В обзорных статьях Н.И. Николаев (1972, 1973) приводит примеры как из зарубежной, так и из отечественной практики, где устанавливается четкая корреляция между уровнями воды в водохранилище и флюктуациями сейсмической активности района. Неоднократно регистрировались сейсмические явления, связанные с изменением гидростатического давления в недрах (Искуственные воздействия..., 1974).

Важная роль динамических нагрузок в формировании структур земной коры очевидна. В любом районе планеты могут быть найдены структуры, связанные с ударами метеоритов, сейсмодислокациями, взрывными явлениями в земной коре и т.п. Роль же искусственных динамических нагрузок в тектонике до недавнего времени была невелика. Лишь во второй половине XX в., с началом широкого использования ядерной энергии для военно-испытательных и промышленных взрывов, на земную кору стали воздействовать импульсы, не уступающие по мощности любым естественным динамическим агентам. Наиболее важными тектоническими процессами, происходящими от техногенных динамических нагрузок, являются искусственные землетрясения, вызванные землетрясения, дизъюнктивные дислокации и пространственные смещения участков земной коры. Лучше всего и раньше всего был изучен сейсмический эффект ядерных взрывов (Ризниченко, 1960; Bath, 1962, и др.). Выяснилось, что искусственные землетрясения от подземных ядерных взрывов могут достигать и даже превосходить по разрушительной силе самые катастрофические природные землетрясения. Случаи, когда выделившаяся при ядерном взрыве сейсмическая энергия превосходит ту долю энергии взрыва, которая по расчету должна идти на образование сейсмического эффекта, относят к вызванным землетрясениям. Предполагается, что при этом взрыв сыграл роль спускового механизма и высвободил природную энергию, накопленную в недрах до взрыва.

Широкое развитие при взрывах дизъюнктивных дислокаций в скальных и полускальных породах позволило разрабатывать и осуществлять проекты использования ядерной энергии для интенсификации разработки нефтяных и газовых месторождений (Мангушев, Золотовицкая, 1969).

Крупные пространственные смещения массивов горных пород, наблюдаемые при ядерных взрывах, позволяют говорить о возможности их применения для изменения макро- и мезорельефа поверхности Земли на отдельных участках (Нифонтов, Протопопов, и др., 1965).

Техногенные тектонические процессы могут быть также связаны с искусственными изменениями температуры недр, хотя современная инженерная практика и не дает нам пока конкретных примеров. Часть сложного комплекса тектонических преобразований, вызываемых подземными ядерными взрывами, несомненно, связана с температурными изменениями (например, перемещение вещества в расплавленном и газообразном состоянии, образование лавовых оболочек вокруг каверн взрыва, растрескивание горных пород при остывании).

Нет сомнения, что длительное изменение температуры недр и в меньших масштабах (при извлечении термальных вод или закачке холодной воды в нагретые горизонты земной коры, при растеплении массивов многолетнемерзлых пород) могут вызывать те или иные тектонические процессы в связи с изменением напряжений, функционально связанных с температурой недр. Если же учитывать только зафиксированные к настоящему времени техногенные процессы термального генезиса, то среди них можно выделить дизъюнктивные дислокации и перемещения вещества, связанные с фазовыми превращениями.

Издавна наблюдаются техногенные движения (главным образом опускания поверхности), обязанные подработке территории горными выработками.

Многочисленные примеры содержатся в горной и инженерженерно-геологической литературе. Как интересный пример целенаправленных тектонических процессов, вызванных подработкой территории, можно упомянуть опускание части г.Дуисбурга на 1,65 м (Леггет, 1969). Пространственные смещения массивов горных пород часто сопровождаются образованием систем дизъюнктивных дислокаций.

Предложенная классификация очерчивает предмет техногенной тектоники, которым является как исследование и прогноз побочных, так и расчет целенаправленных техногенных тектонических процессов.

Предмет исследования в техногенной тектонике появляется тогда, когда человек собирается осуществить то или иное инженерное воздействие, которое может изменить строение какого-либо участка земной коры или повлиять на процессы, определяющие развитие земной коры.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Для исследования техногенных тектонических процессов необходимо сочетание как традиционных, так и специфических методов. Рассматривая любой конкретный пример инженерного воздействия на тектонические структуры, исследователь должен выполнить несколько этапов работы. Первым из них является изучение структур, подвергающихся воздействию. Нужно определить их форму, объем, положение в пространстве, взаимосвязь и взаимозависимость, свойства материала, из которого построены эти структуры и, наконец, определить современную кинематическую характеристику того объема земной коры, на который мы собираемся воздействовать.

На этом этапе необходимо применение комплекса геологических, геофизических и инженерно-геологических методов, вошедших в практику тектонического и инженерно-геологического картирования. Специфика работы заключается в необходимости выделения геологических тел, обладающих способностью к независимому от других тел перемещению под воздействием тектонических сил, иначе говоря,- в выделении тел, способных сохранять в процессе движения постоянство расстояний между любыми тремя своими точками.

Не будем говорить о трудностях изучения объема, формы и взаимосвязей геологических структур, ибо методы исследования здесь известны, и все дело состоит лишь в объеме полевых работ, который диктуется важностью задачи.

Когда же мы переходим к изучению кинематических характеристик геологических тел, то сталкиваемся с необходимостью применения новых методов. Распространенные в настоящее время методы изучения современных движений земной коры путем повторных нивелировок и триангуляций дискретны по своему существу, требуют длительных наблюдений и недостаточно точны. Для решения задач техногенной тектоники необходимо вести измерение современных движений непрерывно, с высокой точностью, и получать результаты в течение любого отрезка времени, ограниченного не десятилетиями или годами, а неделями или сутками, в зависимости от местных условий. Не имея возможности остановиться более подробно на методике этих измерений, отметим лишь, что большие возможности открывают здесь достижения в области лазерной геодезии, еще, правда, не достаточно трансформированные для решения геологических задач.

На втором этапе определяются точки (или площади) и длительность приложения к геологическим телам энергии, мобилизуемой для внесения изменений в геологическую среду. На основе результатов первого этапа, зная основные физические характеристики подвергаемой воздействию среды, прогнозируются вероятные изменения, вносимые прилагаемой энергией.

На третьем этапе, который проводится после осуществления воздействия, фиксируются происшедшие в геологической среде изменения и, таким образом, определяется степень точности прогноза,

выполненного на втором этапе. Исследования третьего этапа позволяют определить набор побочных тектонических процессов, неучтенных при составлении прогноза, и тем самым повысить его точность при осуществлении следующих проектов.

Техногенные тектонические исследования требуют создания нового типа картографирования геологической среды, где наряду с объемным изображением геологических тел и их физических характеристик вводились бы энергетические показатели техногенных тектонических процессов.

Эта задача решается путем инженерно-тектонического картографирования, методические основы которого находятся в процессе разработки (Дунаева, 1974).

Таким образом, тектоника обладает собственным предметом исследования и специфической методикой, что позволяет выделить ее как новое самостоятельное направление в геологической науке.

ABSTRACT

Forms, processes and phenomena caused by human engineering activities differ from those which are studied in tectonics, they differ in the fact that their genesis is planned. Therefore, their investigations should be carried out "from genesis to structure" but not otherwise, as it is common to classical tectonics.

When classified technogenic tectonic processes are subdivided into purposeful and unexpected (accidental) ones. These processes may be due to the following causes: static or hydrostatic loads, dynamic loads, changes in the depth's temperature, underground mining, etc.

In order to investigate technogenic tectonic processes it is necessary to use both traditional and specific methods.

Principal steps of the investigation are as follows:

a) to study form, volume, position in space, interconnection and interdependence of the structures subjected to technogenic influence; to characterize the material from which the structures are built; kinematics of a given volume of the earth's crust;

b) to determine points (or areas) to which and time during which geologic bodies suffer energy used in order to achieve changes in geologic surroundings; to predict technogenic processes;

c) to fix changes in geologic surroundings and to determine the level of the prediction accuracy.

ЛИТЕРАТУРА

Богданов В.И., Гусева Т.В., Никифорова О.Д., Яковлев Д.М. Инструментальные данные о современных движениях земной поверхности на Кольском геофизическом полигоне. – Сб.: Современные движения земной коры на геодинамических полигонах. Алма-Ата, Изд. Ин-та геол. наук АН КазССР, 1973.

Вернадский В.И. Биосфера. М., "Мысль", 1967.
Гольц С.И. Об антропогеновых тектонических движениях в Москве и Подмосковье. – Бюл. МОИП, отд. геол., 1971, № 1.
Гофштейн И.Д. О техногенных движениях земной поверхности. – Сов. геол., 1970, № 4.
Гофштейн И.Д. Обзор техногенных движений на Карпатском полигоне. Современные движения земной коры на геодинамических полигонах (Тезисы докл. 3 Междувед. совещ. по работам на компл. геодин. полигонах, 1971 г.). Алма-Ата, 1973.
Дунаева Г.А. Понятие об инженерно-тектонической карте. – Сб.: Вопросы общей и теоретической тектоники. Хабаровск, Изд. Ин-та тектоники и геофизики, 1974.
Искусственные воздействия в сейсмологии. – Природа, 1974, № 3.
Косыгин Ю.А. Тектоника. М., "Недра", 1969.
Котлов Ф.В. Проблемы инженерной геологии в связи с градостроительством. Инженерно-геологические проблемы градостроительства. (Материалы науч.-техн.совещ. в г. Баку). Изд-во МГУ, 1971.
Леггет Р. Человек как геологический агент. – Бюл. МОИП, отд. геол. Новая серия, 1969, № 1.
Мангушев К.И., Золотовицкая Э.А. Перспективы использования ядерных взрывов при разработке нефтяных и газовых месторождений. – Геология нефти и газа, 1969, № 4.
Николаев Н.И. Водохранилища и землетрясения. – Изв. АН СССР. Физика Земли, 1972, № 8.
Николаев Н.И. Искусственные землетрясения. – Природа, 1973, № 7.
Нифонтов Б.И., Протопопов Д.Д., Ситников И.Е., Куликов А.В. Подземные ядерные взрывы. М., Атомиздат, 1965.
Подкаминер О.С. О предмете техногенной тектоники. – Докл. АН СССР, 1973, 208, № 6.
Ризниченко В.В. Сейсмические магнитуды подземных ядерных взрывов. – Тр. Ин-та физики Земли, 1960, 15 (182).
Рихтер В.Г. Псевдотектонические явления, связанные с деятельностью человека. – Природа, 1957, № 4.
Рябчиков А.М. Антропогенный фактор развития геосферы. – Вестн. МГУ, серия геогр., 1970, № 2.
Тетяев М.М. Основы геотектоники. М.-Л., Госгеолтехиздат, 1941.
Bath M. Seismic records of explosions, especially nuclear explosions. Uppsalla, 1962.
Takeuchi B., Kimoto B. a.o. Land subsidence on Niigata. – Proc. Tokyo Sympos. Land Subsidence, 1970.

Ю. Ф. ЗАХАРОВ

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОСЕДАНИЙ ПОВЕРХНОСТИ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СИБИРИ

Оседания поверхности Земли нефтяных промыслов и крупных водозаборов подземных вод общеизвестны. Такие геологические процессы, вызванные извлечением больших объемов жидкости и газа и происходящими при этом падениями пластовых давлений, закономерны и

их, следовательно, можно предсказать. Задача инженеров-геологов и гидрогеологов – предусмотреть возможность сопровождающих эти процессы негативных явлений и предотвратить их разрушительное или осложняющее воздействие на сооружения и коммуникации.

Теория процесса уплотнения пластов, из которых извлекается жидкость или газ, и прогнозирование величины и темпов оседания поверхности Земли в настоящее время разработаны достаточно обоснованно и изложены в трудах американских, японских, русских, английских и других ученых (Герсеванов, Польшин, 1948; Терцаги, 1961; Land Subsidence, 1970; Gembolati, 1972). Более сложной и менее изученной представляется оценка влияния оседания поверхности Земли на изменение состояния геологической среды жизнедеятельности человека. В различных геологических регионах такое влияние будет существенно различным и будет зависеть от характера и степени изменчивости всего комплекса инженерно-геологических условий.

Интенсивная эксплуатация месторождений нефти, газа, газоконденсата и разнообразных подземных вод (термальных, бальнеологических, иодобромных, питьевых и др.) в Сибири приводит повсеместно к снижению первоначально достаточно высоких пластовых давлений и дегидратации пород продуктивных горизонтов. Дегидратация сопровождается уплотнением и уменьшением объема пород, наиболее значительными у глинистых отложений. Реакция перекрывающих эти горизонты слоев, как правило, однотипна. Они прогибаются с различным запаздыванием от момента уплотнения продуктивных горизонтов. Величина оседания дневной поверхности зависит от многих факторов, но тем не менее обычно соизмерима со степенью уплотнения эксплуатируемых горизонтов.

Само по себе оседание не представляет особой угрозы для промысловых сооружений и коммуникаций, так как эксплуатационные скважины располагаются, как правило, равномерно по всей площади промысла или водозабора, поэтому оседание должно иметь также равномерный характер. Для нефтяных, газовых промыслов и крупных водозаборов равнинных районов Сибири наибольшую опасность представляют вызванные оседанием их поверхности подъемы уровня грунтовых вод и обводнение поверхностных отложений, являющихся грунтовыми основаниями сооружений и коммуникаций.

Особо опасны такие явления на нефтяных и газовых промыслах Западной Сибири, где и без того высокий и динамический уровень грунтовых вод располагается преимущественно на глубинах 0,5–2 м. Оседание поверхности промыслов и водозаборов может вызвать полное затопление низких участков и уменьшение несущей способности грунтов.

Проведение мелиоративных работ на территориях освоенных месторождений с их густой сетью нефтепроводов, водопроводов, дорог, ЛЭП и других коммуникаций – чрезвычайно трудоемкий и дорогостоящий процесс. Этим и обусловливается необходимость и значение прогнозирования возможных оседаний и сопутствующих ему явлений

для заблаговременного учета их в проектах обустройства и разработки месторождений.

Эксплуатация нефтяных месторождений повсеместно ведется с поддержанием пластового давления в продуктивных горизонтах путем закачки туда больших объемов воды. В таких месторождениях падение пластовых давлений незначительно (если заводнение не отставало и не отстает от темпов добычи нефти) и оседаний их поверхности не происходит. Но на подавляющем большинстве нефтяных месторождений воду для закачки берут не из поверхностных источников, а из относительно неглубоко залегающего апт-сеноманского водоносного горизонта. Такое решение обусловлено выдержанным региональным распространением названного горизонта, его большой мощностью, водообильностью и высокими и устойчивыми дебитами, а также лучшими нефтевымывающими свойствами его вод по сравнению с водами рек и озер.

Проектируемые объемы поддержания пластовых давлений на весь период разработки нефтяных месторождений, измеряемый обычно многими десятилетиями, достигают нескольких миллиардов кубических метров этих вод.

В нефтегазоносных районах Западной Сибири апт-сеноманский водоносный горизонт образован мощной (до 960 м) толщей переслаивающихся глин, алевролитов и песчаников. Слоистость обычно тонкая, горизонтальная и волнистая. Породы имеют континентальный (озерный и озерно-аллювиальный) и прибрежно-морской генезис. Песчаники и алевролиты по составу полевошпатово-кварцевые и полимиктовые, слюдистые, слабо- и неравномерносцементированные (цемент глинистый и известковый), часто рыхлые, содержат обильный растительный детрит. Глины однородные и алевритистые, тонкослоистые, образованы гидрослюдами, монтмориллонитом, каолинитом; значения деформационных свойств невелики.

Гидродинамические условия эксплуатации апт-сеноманского водоносного горизонта таковы, что при проектируемых больших объемах высококонцентрированных откачек в нем следует ожидать достаточно быстрого и значительного падения пластового давления.

Режимными наблюдениями на одном из нефтяных месторождений установлено обширное поле влияния водозаборных скважин в этом горизонте. Так, в наблюдательной скважине, отстоящей от водозабора на расстоянии 15 км, за 4,5 года напор понизился на 4,03 м, в то время как в самом водозаборе его падение составило 30 м при среднесуточных откачках 15 тыс. $м^3$. Увеличение темпа отбора вод приводит к существенному ускорению снижения напора (из упомянутых 4,03 м за последние 8 месяцев падение напора составило 1,73 м) (Резник, Ставицкий, 1969).

Падение пластовых давлений при извлечении флюидов приводит главным образом к дегидратации и уплотнению глинистых пород. Структура песчаных и алевритовых прослоев существенных изменений при этом не претерпевает.

Уже в начальных стадиях эксплуатации апт-сеноманских водозаборов наблюдаемое падение пластовых давлений приводит к одновременным и существенным необратимым деформациям пород горизонта (Резник, Ставицкий, 1969). О начавшихся дегидратациях и уплотнении эксплуатируемых водоносных горизонтов свидетельствуют несоответствия вычисленных по разным расчетным схемам на основе результатов первых лет эксплуатации и лабораторных исследований статистических напоров, величин пьезопроводности и водопроводимости реально существующих, т.е. установленных недавними гидродинамическими определениями (Мамлеев и др., 1974). Значительные величины отмеченного расхождения расчетных и реальных параметров свидетельствуют о существенных сокращениях порово-трещинного пространства эксплуатируемого пласта и отжатии из него больших объемов жидкости. Аналогичные несоответствия были установлены и в других районах.

Поскольку фильтрационные параметры апт-сеноманского горизонта хорошие (осредненные коэффициенты фильтрации составляют 1,4-1,6 м/сут, а водопроводимость колеблется от 220 до 650 $м^2$/сут), дегидратация и уплотнение продуктивного горизонта охватывают большую площадь вокруг скважины. Резкое возрастание производительности скважины при достижении определенных значений падения пластового давления происходит уже на первых этапах эксплуатации горизонта и сопровождается значительным увеличением мощности отдающих воду интервалов в скважинах, отстоящих от работающих даже на расстояниях в 70 м (Мамлеев и др., 1974). В настоящее время в прогнозах водообеспечения и в проектах разработки водозаборов на нефтяных промыслах принимаются во внимание дополнительные ресурсы подземных вод от дегидратации глинистой части водоносных пластов.

Аналогичные процессы происходят и в нефтяных пластах, где запаздывает поддержание пластового давления. Так, на одном из месторождений произошло резкое снижение продуктивности и проницаемости пласта $БВ_8$ из-за отставания законтурного заводнения. Причиной этих явлений послужило падение пластового давления и обусловленные им дегидратация и пластические деформации алюмосиликатов в породах-коллекторах (Демушкин, Сахибгареев и др., 1970). Несмотря на то, что апт-сеноманский водоносный горизонт залегает на месторождениях Западной Сибири на глубинах от 630 до 1760 м, уплотнение его глинистой части приводит к прогибанию вышележащих слоев, сложенных там песчано-глинистыми породами. Оседание поверхности водозаборов усиливается от выщелачивания и выноса на поверхность значительных объемов минеральных частиц, содержание которых колеблется в литре извлекаемой апт-сеноманской воды от 1 мг до 7 тыс. мг (в среднем при установившемся режиме откачки 10-60 мг/л). Падение пластового давления или смена режима работы скважины значительно увеличивают вынос частиц. Учитывая проектируемую длительность эксплуатации водозабора, можно ожидать извлечения на крупных нефтяных месторождениях

13 967

из апт-сеноманского горизонта нескольких тысяч кубических метров пород.

Оседания поверхности Земли на эксплуатируемых нефтяных месторождениях, вызванные уплотнением апт-сеноманских водоносных пластов и выносом из них минеральных частиц, до сих пор не измерены, так как геодезические наблюдения были начаты на промыслах, где впоследствии отказались от использования апт-сеноманских вод для поддержания пластовых давлений. По расчетам, величины оседания после нескольких лет эксплуатации составляют несколько сантиметров.

Режимные наблюдения за положением грунтовых вод и динамикой болот установили их подъем на несколько сантиметров и трансгрессию болот на относительно сухие участки промыслов. К сожалению, определить истинную причину отмеченных явлений не представляется возможным. Обводнение поверхностных отложений могло произойти из-за изменения условий поверхностного стока, вызванного прокладкой ледово-грунтовых и ледово-лежневых дорог, мерзлое основание которых является экраном для грунтовых вод. Такие дороги, сооружаемые часто в силу производственной необходимости поперек линий стекания поверхностных вод, разбивают территорию на ряд изолированных блоков с совершенно различными гидрогеологическими условиями.

Вот пример совокупного воздействия перечисленных факторов. Интенсивная откачка неглубоко залегающих подземных вод в одном из поселков, чрезмерная рубка леса в его окрестностях, непродуманная прокладка дорог привели к тому, что существовавшее в центре поселка небольшое болотце превратилось в озеро и его воды стали наступать на застроенные территории. Потребовалось выполнение специальных мероприятий по предотвращению дальнейшего подтопления поселка.

Прогнозирование процессов оседания поверхности сибирских нефтяных, газовых промыслов и водозаборов и сопутствующих им обводнения и других явлений затруднено относительно небольшим сроком их эксплуатации, высокими ее темпами и стремительным развитием производительных сил в добывающей промышленности, неизученностью некоторых необходимых для прогноза параметров, загазованностью апт-сеноманского водоносного горизонта и другими аспектами. С известной долей условности для некоторых нефтяных месторождений Западной Сибири рассчитанные возможные оседания измеряются первыми метрами.

В целях количественного и долгосрочного прогнозирования процессов оседания и вызываемых ими явлений на многих промыслах и водозаборах Сибири начаты многоплановые исследования динамики и тенденций изменчивости уровня грунтовых вод при помощи длительных режимных наблюдений, анализа неотектонических проявлений, характера заболоченности и т.д. Тщательно изучаются прочностные и деформационные свойства поверхностных отложений и закономерности их изменчивости при обводнении пород. Многие сибир-

ские грунты, особенно широко распространенные верхнечетвертичные аллювиальные пылеватые супеси и пески, при водонасыщении значительно снижают свою прочность и приобретают способность к тиксотропному разжижению.

В районах глубокого сезонного промерзания, таких как Среднее Приобье, оседание поверхности нефтяных промыслов и вызванное им повышение влажности грунтов могут привести к возникновению многолетнемерзлых пород со всеми присущими им отрицательными явлениями (криогенным пучением, термокарстом, морозобойным растрескиванием и т.д.). Здесь объектом исследований является поведение водонасыщенных поверхностных отложений при длительном и многократном промораживании.

В зоне многолетнемерзлых пород, где расположены газовые месторождения, оседания поверхности газовых промыслов представляют особую опасность. Разработка этих месторождений проектируется в течение многих десятилетий. Конечная депрессия пластовых давлений ожидается свыше 100 атм. Газ содержится там в сеноманских отложениях с большим количеством глинистых прослоев; к тому же кроме газа в этих горизонтах имеются большие скопления газоконденсата. Все это свидетельствует о возможных значительных оседаниях поверхности промыслов и о скапливании в изолированных чашах оседания сезонноталых вод и атмосферных осадков.

Отепляющее воздействие собирающихся вод (парниковый эффект) может привести к деградации многолетней мерзлоты и деформации тех сооружений, которые возведены и эксплуатируются с сохранением в их основании мерзлых пород. Здесь кроме обычного комплекса мерзлотных исследований приходится изучать геоморфологическое строение территории в целях выявления наиболее рациональных путей сброса вод, которые могут скапливаться на поверхности мульд оседания. Специальные геоморфологические и гидрологические исследования приходится проводить в районах промыслов и водозаборов, находящихся в широких поймах и на низких надпойменных террасах сибирских рек. Здесь оседания поверхности чреваты угрозой возобновления стока по многочисленным старичным понижениям. Возможность изменения направлений или развития существующих и даже возникновения новых эрозионных водопотоков на поверхности оседаемых промыслов и водозаборов и возобновления эрозионной деятельности в старичных понижениях, не учтенная проектами обустройства, может обернуться размывом траншей и выходом из строя трубопроводов и других коммуникаций.

Изучение рассмотренного выше комплекса инженерно-геологических условий проводится с помощью инженерно-геологических съемок, ландшафтно-геологических методов, режимных стационарных наблюдений, углубленных исследований природы прочности грунтов и другими путями, опережающими этапы изыскания и проектирования.

Для выявления закономерностей изменчивости статических напоров, пьезопроводности, водопроводимости эксплуатируемых горизонтов, а также радиуса влияния работающих скважин бурят и оборуду-

ют специальные наблюдательные скважины и применяют высокоточные определения исследуемых параметров с помощью прецизионных устройств. В отдельных случаях выполняются геологические и минералогические анализы изменений, происходящих в строении и составе эксплуатируемых пластов. Удаленность и обширность нефтяных и газовых месторождений Сибири и сложные природные условия затрудняют и ограничивают проведение на них высокоточных геодезических наблюдений. Однако на многих вводимых в разработку месторождениях и водозаборах закладывается сеть реперов и в ближайшее время будут осуществлены повторные нивелировки.

Состав и направленность инженерно-геологических изысканий под строительство промысловых объектов определяются во многом характером ожидаемых на месторождении геологических процессов и выбранной системой поддержания пластового давления. В связи с тем, что эксплуатация возведенных промысловых сооружений и проложенных коммуникаций будет проходить в иных инженерно-геологических условиях по сравнению с существующими на момент изысканий, от последних требуется выявление целого ряда параметров, необходимых для прогноза поведения грунтов оснований при их обводнении, промерзании, оттаивании и т.д.

Рассмотренные выше геологические, гидрогеологические, геодезические и геоморфологические исследования, прогнозирование возможных оседаний и сопутствующих им явлений (пока преимущественно качественное, т.е. путем сравнительного анализа с другими оседаемыми объектами, находящимися в аналогичных условиях) позволяют оценить осваиваемые сибирские земли по степени подверженности их оседаниям и опасности для эксплуатации сооружений и жизнедеятельности человека. В результате такого анализа, с учетом выявленных закономерностей изменчивости инженерно-геологических и гидрогеологических условий, принимаются наиболее рациональные решения при обустройстве промыслов и водозаборов, строительстве сибирских городов и поселков.

На территориях, где ожидаемые оседания могут привести к серьезным осложнениям, заранее выполняется усиленная мелиорация, несмотря на трудности ее осуществления на заболоченных равнинах Сибири; многие промысловые сооружения поднимаются на постаменты или их нижние части устраиваются с повышенной гидроизоляцией. На таких территориях увеличивают высоту насыпей автодорог и выполаживают их откосы, сокращают, а в особо опасных случаях отказываются от поддержания пластового давления в нефтяных горизонтах подземными водами. Для замены апт-сеноманских вод речными водами приходится сооружать многокилометровые водоводы и поддерживать их работоспособность в сложнейших природных и инженерно-геологических условиях. Так, только на Самотлорском нефтегазовом месторождении, где оседания чрезвычайно затруднили бы работу промысла, уже в начальной стадии разработки проложены сотни километров многониточных водоводов из р. Вах. Там же проектируются и строятся еще более мощные и протяженные водоводы. Для неболь-

ших месторождений принимаются такие системы разработки, которые позволяют выработать месторождение до наступления опасной стадии оседания.

Для районов с высоким уровнем грунтовых вод, предрасположенных к оседаниям, рассматриваются проекты сооружения железобетонных эстакад и изоляции участков возможного оседания системой гидронамывных дамб. Реальными в таких районах считаются проекты строительства судоходных каналов, которые могут служить основой всей будущей мелиорации осваиваемых сибирских земель и улучшения их геологической среды.

ABSTRACT

An extraction of a great amount of liquid and gas at oil and gas fields in West Siberia results in lowering a deformation pressure, the dehydration of clayey interlayers of producing horizons and washing out a considerable amount of mineral particles. Compaction of production levels results in warping the abovelying rocks or surface subsidence of oil and gas fields and water intakes. As a result of a surface subsidence there take place considerable alterations of engineering–geological conditions lying in flooding the surface deposits, decreasing in their deformation and strength properties or manifestation of thixotropic running properties and swelling. In some cases a surface subsidence results in the appearance of permafrost rocks, in the others – in defrosting.

For forecast of alterations in ground basement of structures or of the course of natural geological or engineering–geological processes and phenomena at West–Siberian oil and gas fields there are carried out various investigations of dynamics or tendency of ground water level fluctuation, regularity of alteration of strength or deformation properties of soil in case of flooding, freezing or defrosting. Results of such a prediction are taken into consideration in projects of putting oil and gas fields into operation or in methods of their working out.

ЛИТЕРАТУРА

Герсеванов Н.М., Польшин Д.Е. Теоретические основы механики грунтов и их практическое применение. М., Стройиздат, 1948.

Демушкин Ю.И., Сахибгареев Р.С., Свищев М.Ф. О причинах ухудшения проницаемости пласта в процессе разработки (на примере продуктивного горизонта $БВ_8$ Мегионского месторождения). – Нефть и газ Тюмени, 1970, № 7.

Мамлеев Р.Ш., Мустафин Р.М., Резник А.Д. Результаты исследования работы водозаборных скважин улучшенной конструкции на Солкинской площади. – Сб.: Проблемы нефти и газа Тюмени, вып. 22, 1974.

Резник А.Д., Ставицкий Б.П. Некоторые принципиальные вопросы изучения апт–сеноманских отложений как источника вод для поддержания пластового давления при разработке нефтяных месторождений. – Нефть и газ Тюмени, 1969, № 3.

Терцаги К. Теория механики грунтов. М., Госстройиздат, 1961.
Land Subsidence. Proc. Tokyo Sympos., September 1969, 1–2. Paris, YASH, UNESCO, 1970.
Gambolati G. Estimate of subsidence in Venice using a one–dimensional model of the subsoil. – IBM J.Res. and Developm., 1972, 16, N 2.

Г. Г. СКВОРЦОВ, Б. М. ГАМАЛЕЙ, В. В. ФРОММ

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ ГОРНЫХ РАБОТАХ, ИХ ИЗУЧЕНИЕ И ПРОГНОЗ В СВЯЗИ С ЗАДАЧАМИ ОХРАНЫ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Районы горнодобывающих предприятий характеризуются значительными изменениями природной среды. Извлечение из недр больших объемов полезных ископаемых и рудовмещающих пород и водоотлив из шахт и карьеров вызывают нарушения естественных условий залегания пород, способствуют развитию в земной коре сложных физико-химических и инженерно-геологических процессов. Сдвижение пород, происходящее над выработанным пространством, вызывает деформации земной поверхности с образованием мульд проседания или провальных явлений. На изменение облика земной поверхности оказывает влияние размещение отвалов карьеров, шахт и горнообогатительных комбинатов. В водоносных горизонтах под воздействием длительного водоотлива развиваются обширные депрессионные воронки, а поверхностные водоемы и водотоки загрязняются шахтными водами и стоками промышленных предприятий.

Те инженерно-геологические явления, которые возникают при горных работах и наиболее существенно воздействуют на изменение природной обстановки, рассматриваются на примерах Криворожского железорудного и Донецкого угольного бассейнов.

Криворожский бассейн расположен в центральной части Украинского кристаллического массива и простирается почти на 100 км в виде полосы шириной 2–7 км. Бассейн представляет собой узкую сложноскладчатую зону субмеридионального простирания, сложенную метаморфическими породами Криворожской серии, зажатую в гранитоидных породах. Массивы рудных полей в бассейне характеризуются развитием скальных пород – джеспилитов и роговиков, перекрытых сланцами, песчаниками, кварцитами, конгломератами и другими породами. Все эти породы смяты в складки, разбиты многочисленными нарушениями и трещиноваты. Толща метаморфических пород обводнена подземными водами неравномерно. Сланцы характеризуются низкой водообильностью, а трещиноватые разности руд имеют значительную обводненность.

Отработка руд производится в шахтах глубиной до 500–750 м и более и в нескольких глубоких карьерах.

Инженерно-геологические явления, возникающие в подземных горных выработках, в бассейне весьма разнообразны. Они связаны главным образом с гравитационными силами и представляют собой сдвижение пород, различные виды обрушения и т.д. Некоторые явления связаны также с обводненностью пород: прорывы воды с выносом рудного материала, оплывание рыхлых водонасыщенных руд и др.

Наиболее интенсивно влияет на изменение природной обстановки сдвижение пород. Сдвижение имеет большую интенсивность при просадке кровли выработок. При этом территории над выработанным пространством деформируются (эти территории в бассейне обычно называют зоной обрушения). При этом происходит как общая просадка поверхности земли, так и образование террасовидных уступов и провальных воронок. Воронки иногда достигают больших размеров - глубиной до 25-50 м и до нескольких десятков метров в поперечнике. Сдвижению способствуют большие тектонические нарушения и трещиноватость пород. При вскрытии выработками зон крутопадающих тектонических нарушений из этих зон постепенно происходит обрушение раздробленного материала. Образующаяся полость по мере обрушения пород медленно продвигается вверх и может достигнуть поверхности земли. Такие полости сильно ослабляют массив пород, вызывая его общее сдвижение.

В горных выработках происходят также вывалы пород, образующиеся в местах пересечения трещин различных систем и выбросы пород. Различают два типа выбросов. Выбросы первого типа происходят в крепких рудовмещающих породах и связаны с мгновенным переходом потенциальной энергии (вызванной горным давлением) в кинетическую, что по своей природе близко к горным ударам. Выбросы второго типа обусловлены наличием рыхлых и малопрочных разновидностей железных руд, которые при несниженных напорах подземных вод могут быстро выдавливаться в полости горных выработок.

Изменения природной обстановки под воздействием горнодобывающих предприятий весьма значительные. Облик земной поверхности изменен отвалами горных пород, высотой до 30-50 м, выемками заброшенных и глубоких (до 120-180 м) действующих карьеров, зонами обрушения и проседания на поверхности шахтных полей, площадь которых в бассейне превышает 8 км^2. Зоны обрушения и провальные воронки нарушают условия поверхностного стока в районе и являются путями поступления поверхностных вод в горные выработки. Вместе с тем в результате водоотлива из шахт и карьеров в породах сформировались обширные депрессионные воронки, причем в центральной части бассейна уровень воды снижен до глубины отработки железных руд 450-750 м.

В Донецком бассейне в связи с неуклонным ростом добычи угля горные работы постепенно распространяются на все более глубокие горизонты. Кроме угля здесь подземным способом разрабатываются месторождения других полезных ископаемых, а также большими карьерами - месторождения известняков.

Углевмещающие толщи сложены аргиллитами, алевролитами, песчаниками и известняками, которые содержат до 300 угольных пластов. Тектоническая складчатость наиболее проявилась в центральной части бассейна, где складки имеют сложное линейное развитие с западно-северо-западным простиранием. В северной части развита система региональных надвигов, вытянутых параллельно основному простиранию складчатого сооружения. Трещиноватость пород зависит от геолого-структурных особенностей отдельных районов, а также от степени литификации пород - наиболее она развита в крепких, но хрупких породах.

Гидрогеологические условия бассейна предопределяются значительным содержанием практически водонепроницаемых глинистых пород (аргиллитов). Водоносными являются пласты трещиноватых песчаников, известняков и углей.

Инженерно-геологические явления, возникающие в угольных шахтах Донецкого бассейна, характеризуются сдвижением, обрушением, пучением пород, выбросом угля и газа, а на больших глубинах также горными ударами. Сдвижение пород при неглубоком заложении горных выработок может достигать поверхности земли с образованием воронок обрушения и мульд сдвижения. Развитие пологих мульд сдвижения характерно для районов, в разрезе угленосных толщ которых преобладают глинистые породы (мягкие аргиллиты).

Изменение природной обстановки под влиянием горнодобывающих предприятий в бассейне происходит как в недрах земной коры, так и на поверхности. В настоящее время некоторые шахты достигли глубины 700-1000 м и даже 1300 м. Шахты имеют разветвленные системы подземных выработок - капитальных, подготовительных и очистных на многих горизонтах. Объем подземных полостей исчисляется в настоящее время сотнями миллионов кубических метров, а протяженность выработок - многими тысячами километров. Горные работы нарушают естественное напряженное состояние массивов пород, вызывают их сдвижение. В результате векового водоотлива из шахт уровни подземных вод в бассейне снижены, некоторые толщи вообще обезвожены.

Таким образом, в Донецком бассейне развилась своеобразная кора выветривания антропогена, мощность которой достигает тысячи и более метров. Извлечение пород из шахт и отсыпка их в большие отвалы длительное время изменяла облик рельефа поверхности. Высота отвалов достигает 50-100 м, а объемы - 2-4 млн.м^3. Крутые откосы отвалов подвержены оползневым деформациям. Особенностью отвалов является разогревание их внутренних частей в связи со сгоранием угля и остатков деревянной крепи. Установлено, что температура в некоторых отвалах может достигать 1000° и более. С такими особенностями отвалов связаны своеобразные явления, называемые "взрывами" отвалов. Природа этих взрывов заключается в том, что при оползании откосов отвалов (которое происходит большей частью во время дождей) разогретые части отвалов обнажаются

и при проникновении в них дождевых вод происходит взрыв, во время которого в разные стороны разлетаются раскаленные обломки пород. Подобные явления имеют аварийный характер.

В настоящее время в районах горнодобывающих предприятий Криворожского и Донецкого бассейнов проводится изучение инженерно-геологических явлений геологическими и маркшейдерскими службами рудников. Изучение инженерно-геологических явлений представляет интерес также для геологоразведочных организаций, ведущих разведку новых шахтных и карьерных полей. Целью их изучения является прогноз возможных изменений природной обстановки и разработка мероприятий по их предупреждению. С целью уменьшения сдвижения пород и связанных с ним деформаций земной поверхности разрабатываются специальные способы отработки руд и углей с закладкой выработанного пространства, применения твердеющей закладки и других методов.

Принимаются меры к изменению систем отвалообразования и их ограничению. Пустые породы применяются, например, для засыпки оврагов, старых карьеров. В крупных населенных пунктах (например, в г. Донецке) некоторые отвалы постепенно разбираются и их породы используются как строительный материал.

ABSTRACT

The paper concerns the engineering-geological phenomena which are developed in the zone of mining operations at mining and production undertakings of the USSR and which have the most important influence on a change of natural environment in the areas of these undertakings.

Examples of the Krivorozhsky iron-ore and the Donetsky coal basins are given in the paper where mining operations are being carried out at a depth of down to 1000 m and more and where the engineering-geological phenomena have fairly intensive influence on the change of the natural environment.

Iron ore mining by inderground method in the Krivorozhsky basin results in the displacement of rocks over a mined-out space with wide development of subsidence phenomena over large territories of the earth's surface. Intensive fracturing of rocks which constitute the basin as well as ruptured tectonic dislocations favour the displacement of rocks. Disturbance of water-resisting rocks in displacing results in the change of the hydrogeological conditions. Ore mining by open-cut method leads to a change of the topography where large heaps of the overburden are produced and to development of landslide phenomena.

There is more than a thousand of spoil heaps as large as 80-100 m in height occupying large areas and subject to landslide and "explosion" phenomena in the Donetsk basin. Complicated engineering-geological processes occurring in the zone of mining operations influence the deformation of the earth's surface that is shown differently in various areas

depending upon the composition and properties of rocks. In this case a cauldron subsidence or caving may occur.

The questions of study and prediction of engineering–geological phenomena and their control measures to reduce their harmful influence on the natural environment are discussed.

М. В. ЧУРИНОВ, И. М. ЦЫПИНА, В. П. ЛАЗАРЕВА,
А. В. САДОВ, К. А. ГУЛАКЯН

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, МЕТОДЫ ИХ ИЗУЧЕНИЯ И ПРОГНОЗ

Проблема рационального использования природных ресурсов и разумное взаимодействие человека с окружающей средой выдвигается в число важнейших проблем современной науки.

Значительное место в этой проблеме принадлежит вопросу научно–объективного анализа инженерно–геологических условий и их изменений под влиянием различных факторов.

В настоящей работе освещаются разработанные в Институте ВСЕГИНГЕО положения о закономерностях развития современных геологических процессов, методах изучения и принципиальный подход к их прогнозированию.

Изучение условий возникновения и развития современных геологических процессов в пределах территории СССР выявляет их тесную связь и зависимость от геологического строения, новейших тектонических движений и геоморфологии с учетом ландшафтно–климатической зональности, что составляет основу регионального прогноза комплекса геологических процессов. Последняя отражает воздействие указанных факторов на геологические процессы и позволяет всю территорию СССР подразделить на четыре зоны: материкового оледенения, внеледниковую, зону гор и нагорий и зону пустынь и полупустынь. В пределах первых трех зон на значительной части распространены многолетние мерзлые породы с комплексом криогенных процессов (Чуринов, Лазарева, Цыпина, 1974).

В пределах зоны материкового оледенения на территории новейших устойчивых опусканий, с преимущественным развитием ледниковых, морских, аллювиальных и флювиогляциальных равнин, сложенных в основном глинисто–песчаными отложениями с включением органоминеральных отложений, созданы условия для развития процессов заболачивания, заторфовывания и возникновения по долинам рек оползневых процессов.

В области многолетнемерзлых пород наряду с выше указанными процессами развиты солифлюкция, пучение, термокарст, талики, наледи, курумы и снежные лавины.

На территории преимущественно слабых новейших поднятий той же зоны распространены ледниковые, озерные и флювиогляциальные песчано-глинистые отложения. Здесь созданы условия для развития оползневых, эрозионных, развальных и в меньшей степени заболачивания и карстовых процессов.

Во внеледниковой зоне на территории устойчивых опусканий с преимущественным развитием озерно-аллювиальных и аккумулятивных водно-ледниковых равнин, сложенных лёссовидными и облёссованными породами различного генезиса, созданы условия для развития заболачивания, оползневых, подовых, глубоких карстовых, эрозионных процессов, а на морских побережьях – абразионных. В области многолетней мерзлоты в пределах этой зоны на аккумулятивных равнинах, сложенных песчано-глинистыми, озерно-аллювиальными и озерными отложениями, дополнительно развиваются процессы пучения, термокарста и льдистости.

На территории преимущественно слабых новейших поднятий в пределах этой же зоны с развитием структурно-денудационных равнин и денудационного пенеплена, сложенных песчано-глинистыми элювиально-делювиальными, местами облёссованными четвертичными отложениями, подстилаемыми близко залегающими породами терригенной, терригенно-карбонатной и карбонатной формаций, созданы условия для развития просадочных, подовых, эрозионных, оползневых и карстовых процессов.

В области многолетнемерзлых пород на структурно-денудационных плато развиваются термокарстовые, солифлюкционные, карстовые, суффозионные, эрозионные, оползневые и селевые процессы на породах терригенной формации.

В зоне пустынь и полупустынь, сосредоточенной на юге страны, вне среды распространения многолетнемерзлых пород, на территории устойчивых опусканий в области развития аккумулятивно-морских и аллювиальных равнин, сложенных преимущественно песчано-глинистыми отложениями, сформировались условия для развития процессов развевания и засоления. А на территории слабых новейших поднятий, в области развития структурно-денудационных равнин и плато и денудационного пенеплена, сложенных преимущественно породами терригенно-карбонатной формации, и перекрывающих их песчаных эоловых отложений, сформировались условия для широкого развития карстовых и оползневых процессов, а также засоления и выдувания.

На территориях развития эффузивно-осадочной, осадочной, вулканогенной и интрузивной формаций, слагающих денудационный пенеплен, созданы условия для развития интенсивного выветривания, эрозии и засоления.

В зоне гор и надгорий, в пределах территории устойчивых опусканий земной коры, в межгорных и внутригорных впадинах, в области распространения пролювиально-делювиальных наклонных равнин, а также аллювиальных и озерно-аллювиальных равнин, где широко развиты песчано-глинистые, облёссованные и глинисто-песчаные

отложения, сформировались условия для широкого развития эрозионных, селевых, оползневых и просадочных процессов, а также процессов заболачивания.

В области развития многолетнемерзлых пород на территориях распространения плосковолнистых, водно-ледниковых и морских равнин, сложенных аллювиальными и озерно-аллювиальными отложениями, а также породами молассовой формации, созданы условия для активного возникновения и широкого распространения термокарстовых процессов, наледей, пучения и солифлюкции.

На территории преимущественно слабых новейших поднятий этой же зоны, в области развития пород интрузивных, эффузивных, флишевых, терригенно-карбонатных и молассовых формаций, слагающих денудационный пенеплен и плато на складчатом основании, а также денудационные равнины, созданы условия для развития процессов выветривания, эрозии, осыпей, обвалов, а также заболачивания и абразии морских побережий. В пределах этой же зоны, в области развития многолетнемерзлых пород в пределах денудационных равнин и плато, сформированных на породах молассовой и флишевых формаций, широким развитием пользуются процессы пучения, термокарста и абразионные.

На территории относительного прогибания этой же зоны, среди устойчивых поднятий в пределах развития аккумулятивных и денудационных равнин, созданы условия для широкого развития просадочных и суффозионных процессов, заболачивания, а в области развития многолетнемерзлых пород – для наледей, пучения, термокарста. На площадях развития вулканических гор и плато, сложенных отложениями молассовых и вулканогенных формаций, перекрытых местами рыхлыми четвертичными, в том числе морскими образованиями и продуктами процессов современного вулканизма, развиты подмыв берегов и цунами.

На территории устойчивых интенсивных поднятий, в пределах развития гор и нагорий на складчатом основании, сложенных породами терригенной, терригенно-карбонатной, флишевой, карбонатной и осадочно-эффузивной формаций, созданы условия для развития снежных лавин, эрозионных, оползневых, селевых, обвальных, осыпных, карстовых и абразионных (на побережье) процессов, а в области многолетнемерзлых пород – условия для развития комплекса мерзлотных процессов.

На горах и нагорьях на кристаллическом основании, сложенных породами метаморфических и интрузивных формаций, создались условия для развития курумов, осыпей и обвалов. Наконец, на территории развития вулканических гор и нагорий созданы условия для широкого развития россыпей, курумов, обвалов и осыпей, а в области развития многолетнемерзлых пород – для комплекса мерзлотных процессов.

В пределах развития вулканических гор и плато в восточной части страны, сложенных вулканогенными, эффузивно-осадочными и молассовыми формациями, созданы возможности широкого разви-

тия соврменного вулканизма, землетрясений, цунами вдоль побережья, наледей и пучения, снежных лавин на высоких отметках, осыпей и обвалов.

Наконец, в пределах структурно-денудационных равнин, плато и гор, сложенных породами эффузивной и интрузивной формаций, образовались условия для широкого развития наледей, пучения, солифлюкционных, обвальных, осыпных и абразионных (вдоль побережий) процессов.

В современной методологии изучения экзогенных геологических процессов наиболее эффективными признаны аэроландшафтные исследования, успешно развиваемые в последние годы во ВСЕГИНГЕО (Садов, Ревзон, 1974). В основе аэроландшафтной индикации экзогенных процессов лежит система представлений, рассматривающая их как результат взаимодейтсвия природных компонентов, образующих сложную исторически развивающуюся динамическую систему. Изменения одного из компонентов отражаются на всей системе в целом, а возникающие при этом процессы проявляются во внешнем облике ландшафта, что создает возможности их индикации.

Космические и высотные снимки, обладая огромной обзорностью, дают возможность выявлять территории развития различных групп современных процессов во взаимосвязи со структурно-тектоническим планом и зонально-климатическими особенностями.

Мелкомасштабные аэроснимки используются для изучения пространственных закономерностей условий распространения современных процессов. При этом выделяются основные типы процессов, их возрастные генерации, устанавливается связь процессов с геолого-геоморфологическими и гидрогеологическими условиями, производится количественная оценка их интенсивности.

Средне- и крупномасштабные аэроснимки применяются для детального картирования геологических процессов и изучения их динамики. Они обеспечивают получение информации о формах проявления экзогенных процессов и их количественных характеристиках, что дает основание устанавливать отдельные стадии процессов и делать прогноз их дальнейшего развития (Садов, 1972).

Среди специальных видов дистанционных съемок перспективно использование радарных и инфракрасных изображений, характеристики которых обусловлены физическими параметрами верхней части земной коры (влажностью, плотностью, температурой, электропроводностью и пр.). Радарные изображения позволяют более четко, чем обычные аэрофотоизображения, выделять формы рельефа, создаваемые экзогенными процессами. Эффективно использование инфракрасных изображений при изучении экзогенных процессов, развитие которых в первую очередь связано с динамикой влажности и геотермическими условиями (карст, криогенные процессы, оползни, засоление и др.).

Среди приемов изучения динамики экзогенных процессов, наряду с широко известным и применяемым в настоящее время сравнительным дешифрированием разновременных снимков, особый интерес вы-

зывают ландшафтно-генетические ряды. Это - ряды ландшафтов, расположенные в той последовательности, в которой они сменяют друг друга. Изучив пространственное расположение различных ландшафтных проявлений экзогенных процессов и последовательность расположения их в ряду, можно получить представление о развитии процесса во времени по материалам однократной аэрофотосъемки на больших территориях (Садов, Ревзон, 1972).

В целях объективизации дешифрирования экзогенных процессов по материалам аэрофотосъемки рационально применение принципов формализации и распознавания. Четырехуровенная структура модели распознавания позволяет последовательно определять: наличие и отсутствие проявлений процессов; субстанционные условия их развития; морфогенетические типы; характер их активности и возрастные особенности. Для каждого уровня характерен определенный набор признаков и их градаций. Применение принципов распознавания определяет пути автоматизации дешифровочного процесса.

Успех применения дистанционных методов зависит от рациональных форм их комплексирования между собой и наземными исследованиями. Кроме хорошо известных форм комплексирования методов на ключевых участках при изучении экзогенных процессов перспективно комплексное аэроландшафтное профилирование. Сущность его заключается в проведении комплекса исследований (дешифрирования материалов различных видов съемок, геофизических, геодезических, горно-буровых работ и инженерно-геологического апробирования горных пород) по характерным профилям, ориентированным в соответствии с направлением изменчивости инженерно-геологических условий, определяющих закономерности развития экзогенных процессов. Результаты аэроландшафтных исследований находят отражение в серии специальных инженерно-геологических карт: современного состояния развития экзогенных процессов, инженерно-геологического районирования территорий по их устойчивости от воздействия экзогенных процессов, активности и степени активизации экзогенных процессов.

Все перечисленные методы исследований современных геологических процессов, основанные на выявлении региональных закономерностей условий их образования, позволяют, в частности при изучении оползней, осуществлять прогноз их возникновения и развития.

Одним из важных элементов изучения современных геологических процессов является их прогнозирование, заключающееся в определении возможности возникновения, направленности развития и механизма, степени активности, длительности процессов в целом и времени наступления критических состояний в ходе развития. В зависимости от размеров изучаемой территории существенно меняются целевые задачи и применяемые методы прогноза. Различаются локальные и региональные прогнозы. Локальным следует считать прогноз инженерно-геологических условий в целом или отдельных его компонентов в пределах области, охватываемой сферой воздействия сооружений (группы сооружений) или границ объекта хозяйст-

венного освоения (участка склона, массива сельскохозяйственной мелиорации, горного предприятия и т.п.). Региональный прогноз предусматривает оценку изменения инженерно-геологических условий в пределах некоторой территории, границы которой определяют в зависимости от цели прогноза.

Существующие в настоящее время методы прогноза современных геологических процессов могут быть объединены в следующие четыре группы: 1) историко-геологические, 2) сравнительно-геологические, 3) физического моделирования, 4) математического моделирования (расчетные методы). Рассмотрение возможностей указанных методов показало, что успешное решение проблемы прогнозирования геологических процессов осуществимо лишь на основе стадийного подхода и комплексного использования методов прогноза (Попов, Бондарик, Розовский, 1974).

Выделяются три основные стадии прогноза. На первой стадии дается оценка возможности возникновения тех или иных типов процессов в пределах изучаемой территории, оценивается интенсивность и ожидаемая направленность их развития (методы историко-геологические и сравнительно-геологические). На второй стадии прогноза уточняются границы распространения процессов и дается детальная характеристика развития конкретных процессов во времени (методы сравнительно-геологические, физического и математического моделирования). На третьей стадии оценивается ожидаемое воздействие процесса на хозяйственные комплексы (методы физического и математического моделирования). На первой стадии прогнозы носят региональный, а на второй и третьей – локальный характер.

Для решения задач регионального прогнозирования в Институте ВСЕГИНГЕО разработан метод, основанный на некоторых положениях теории информации и теории вероятностей, названный "прогнозным геодинамическим картированием". Сущность метода заключается в вероятностной оценке возникновения исследуемых явлений в зависимости от природных условий и процессов с последующим определением результирующей вероятности посредством совмещения аналитических карт главнейших факторов. На основе объединения участков, близких по значениям результирующих вероятностей, производится районирование изучаемой территории. Предложенная методика применима при построении прогнозных карт различных масштабов.

При решении задач локального прогноза современных геологических процессов могут быть использованы излагаемые ниже способы, разработанные применительно к прогнозированию оползней.

Особое место при прогнозировании оползней принадлежит выявлению степени подвижности участков их развития, определению возможных скоростей оползневых деформаций, что позволит установить ограничения для различного типа хозяйственного освоения склонов. Основная трудность при этом заключается в фрагментарности имею-

щейся информации о ходе развития оползней. С учетом этого обстоятельства предлагается следующее решение поставленных задач.

Эволюция оползневого процесса может быть прослежена на материале изучения однотипных оползней в пределах инженерно-геологических районов, характеризующихся адекватными природными условиями и предсказуемой адекватностью проявлений процессов. В результате такого исследования становится возможным конструирование модели последовательных состояний эталонного оползня. Сопоставление модели с конкретными состояниями наблюдаемых оползней дает возможность прогнозирования их развития с высокой степенью достоверности. В Институте ВСЕГИНГЕО разработана методика оценки и прогнозирования состояний оползневого процесса с использованием принципов распознавания образцов по комплексу формализованных признаков, характеризующих состояние и свойства горных пород, структуру и размеры деформируемой части склона, кинематику элементарных объемов массива пород. В настоящее время получены первые обнадеживающие результаты по прогнозированию оползней с использованием разработанной методики на примере одного из районов побережья Черного моря.

В комплексе инженерно-геологических исследований оползней все большее значение приобретают методы физического (вещественного) моделирования. В частности, в Институте ВСЕГИНГЕО разрабатывается методика моделирования оползней эквивалентными материалами, с использованием условий подобия процессов упругости, ползучести и разрушения. При этом задача прогнозирования условий возникновения оползневых деформаций, т.е. уменьшения коэффициента устойчивости склона, решается двумя способами:

1) постепенным увеличением сдвигающих напряжений посредством изменения конфигурации модели и ее пригрузкой в соответствии с природными и искусственно вызванными процессами в натуре;

2) постепенным, контролируемым снижением прочности и вязкости материала модели в соответствии с заданным режимом изменения прочностных и реологических свойств пород в натуре.

Учет условий подобия процессов ползучести, выполненный впервые в практике моделирования оползней, позволил определить режим изменений устойчивости склона во времени. Задачи, решаемые моделированием – определение момента достижения коэффициентом устойчивости склона величины, равной единице, а также выявление мощности деформируемой области, распределение смещений по глубине, характер поверхностей и зон смещений, кинематические характеристики процесса и оценка роли различных оползнеобразующих факторов (Гулакян, Кюнтцель, Новиков, 1970).

Описанные выше методы прогноза представляют собой последовательные этапы единого цикла прогнозирования оползней с решением на каждом из них конкретных задач, соответствующих различным стадиям инженерно-геологических исследований.

Таким образом, изучение закономерностей развития геологических процессов и их прогнозирование представляют собой сложную научно-техническую задачу, требующую применения современных методов исследований и технических средств. Показанные в настоящей статье основные положения представляются весьма перспективными на современном уровне развития обсуждаемой проблемы.

Дальнейшая разработка этих положений позволит точнее определить комплексную методику изучения и прогнозирования современных геологических процессов.

ABSTRACT

The paper presents the results of the works carried out in VSEGINGEO in the field of studying the regularities of the conditions of extending and developing recent geological processes on the USSR territory. Division of the USSR territory into specific landscape-and climate zones is given, each zone being characterized by definite complex of geological processes.

Application of different methods including cosmic and aerial survey for studying these processes is recommended. The ways of applying aerial photos of different scales are given.

The paper deals with the experience gained for developing the methods of predicting landslide processes and some results of similar investigations. The ways of their further development is projected.

ЛИТЕРАТУРА

Гулакян К.А., Кюнтцель В.В., Новиков П.А. Моделирование оползней выдавливания. – Сб.: Вопросы инженерной геологии. М., "Недра", 1970.

Попов И.В., Бондарик Г.К., Розовский Л.В. Задачи и методы долгосрочного прогноза инженерно-геологических условий. – Сб.: Рациональное использование земной коры. М., "Недра", 1974.

Садов А.В. Аэрометоды изучения селей. М., "Недра", 1972.

Садов А.В., Ревзон А.Л. Принципы распознавания оползневых процессов по материалам аэрофотосъемки. – Вестн. МГУ, серия геогр., 1972, № 5.

Садов А.В., Ревзон А.Л. Современное состояние изучения экзогенных процессов аэроландшафтным методом. – Труды ВИЭМС, серия 8. Гидрогеология и инженерная геология. М., ВИЭМС, 1974.

Чуринов М.В., Лазарева В.П., Цыпина И.М. Инженерно-геологическое районирование и типизация территории СССР. – Сб.: Вопросы регионального инженерно-геологического изучения территории СССР. Труды ВСЕГИНГЕО, вып. 76. М., ВСЕГИНГЕО, 1974.

Чуринов М.В., Цыпина И.М., Лазарева В.П. Анализ регионального развития и прогноз комплексов главнейших геологических процессов на основе изучения природных факторов. – Сб.: Проблемы и методы инженерно-геологических исследований. Труды ВСЕГИНГЕО. вып. 76. М., 1974.

14 967

Л. А. ПОТЕМКИН

ПРОБЛЕМЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В СВЯЗИ С ДОБЫЧЕЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Огромное и все возрастающее значение для народного хозяйства, дальнейшего развития общества, наиболее полного удовлетворения его жизненных и духовных потребностей имеет восстановление и улучшение земной поверхности, нарушаемой разработкой месторождений полезных ископаемых и колоссальными инженерно-строительными работами. Изучение проблем рекультивации земель и практическое осуществление ее проводятся в нашей стране по всему комплексу, охватывающему как промышленное и жилищное строительство, так и производственную деятельность, связанную с геологической разведкой, добычей минерального сырья и его переработкой.

В решении актуальных проблем рекультивации земель велика роль геологии и в том числе инженерной геологии.

При проведении строительных работ кроме общего требования заблаговременного снятия плодородного почвенного слоя после сооружения каждого промышленного и гражданского объекта производится нивелировка, озеленение и общее благоустройство, т.е. то, что принято называть улучшением инфраструктуры ландшафта. Этой элементарной общепринятой практике предшествует в стадии проектирования наиболее крупных и сложных инженерных сооружений прогнозирование их влияния на окружающую среду и проработка мер по предотвращению возможных отрицательных последствий.

Рекультивация земель, связанная с добычей и переработкой минерального сырья, охватывает следующие основные виды нарушений: 1) деформация земной поверхности вследствие применения определенных систем подземной разработки месторождений полезных ископаемых без закладки выработанного пространства (обрушения, оседания); 2) выемки, образующиеся в результате отработки месторождений полезных ископаемых открытым способом (карьеры, разрезы); 3) отвалы горных пород (терриконы, плоские отвалы); 4) нарушения поверхности речных долин в виде бугров при отработке россыпей драгами, промывочными приборами; 5) шламонакопители, хвостохранилища обогатительных фабрик; 6) линейные нарушения поверхности при прокладке нефте- и газопроводов и т.д.; 7) скопления шлака и других отходов металлургического и химического производств; 8) золоотвалы ТЭЦ, ГРЭС, котелен.

Все эти нарушения естественного ландшафта в связи с бурным развитием горнодобывающей промышленности стали быстро возрастать и распространяться во всех географических зонах. Ощутимые размеры приобрело ежегодное изъятие земель из сельского и лесного хозяйства. По имеющимся подсчетам, объем вскрышных пород в СССР лишь из открытых разработок месторождений полезных ископаемых в 1974 г. превысил 1,4 млрд. $м^3$ (Колесников, 1974).

На земном шаре в настоящее время, по данным ООН, ежегодно перемещается 2–3 трлн. т горных пород (Колесников, 1974).

То, что в ноосфере человек, по определению академика В.И. Вернадского, стал проявлять себя как "новая огромная геологическая сила", выдвинуло проблему сочетания производимых нарушений земной поверхности с ее рекультивацией, планомерным максимально возможным возвратом сельскому хозяйству (Вернадский, 1954).

С этой целью в СССР развиваются исследования и практика восстановления растительного покрова на землях, нарушенных производственной деятельностью.

Правовую основу эти работы получили в виде закона "Об охране природы в РСФСР" (Ведомости ..., 1960), где сформулировано требование к предприятиям и организациям, производящим строительные, изыскательские работы и добычу полезных ископаемых, "осуществлять мероприятия по восстановлению плодородия почв на затронутых работами землях", и аналогичных законов других союзных республик.

Роль и значение рекультивации земель в числе важнейших задач охраны природы с особой силой подчеркнуты в последующих решениях партии и правительства.

В целом в Советском Союзе создан перелом в антропогенном изменении земной поверхности, развивается плановое строительство нового культурного ландшафта. Восстановление и улучшение земной поверхности является составной частью любого производственного проекта, предусматривающего рациональную комплексную эксплуатацию природных ресурсов (Восстановление земель..., 1967). Задача рекультивации – создать оптимальные условия для жизнедеятельности вновь формируемого биогеоценоза и придать наилучшие, наиболее нужные обществу формы использования техногенным участкам земной поверхности, затронутым производством.

Прошло время, когда можно было изучать и особенно эксплуатировать земные недра и дневную поверхность независимо друг от друга. Ныне разработка месторождений полезных ископаемых и восстановление нарушаемой при этом земной поверхности – две стороны единого процесса хозяйственной деятельности человека.

Много лет тому назад в нашей стране изучением проблем рекультивации земель начали заниматься и проводить экспериментальные работы биологи, ученые и практики сельского хозяйства (Потемкин, 1974). Затем забота о восстановлении земель, нарушаемых добычей полезных ископаемых, вошла в сферу деятельности инженеров-горняков и геологов.

Подобно тому как инженерная геология зародилась в свое время из практической необходимости изучения взаимодействия сооружаемых на земной поверхности промышленных и гражданских объектов с геологическим основанием, так и стремительное развитие эксплуатации недр заставило обратить внимание на нарушения земной поверхности и взяться за изучение и решение проблемы рекультивации земель.

Геология обеспечивает горное дело исходными данными для эффективной эксплуатации богатств земных недр и для инженерного осуществления самих горных работ, проходки горных выработок. Изученный геологический разрез и детальные геологические карты используются, в частности, с целью искусного управления горными разработками, обеспечивающего устойчивость подземных выработок. Вместе с тем геологические данные позволяют на стадии проектирования горнодобывающего предприятия, выбрав систему подземной отработки месторождения, например с обрушением кровли, и зная закономерности горного давления, прогнозировать размеры и характер сдвижения пород, разрывность или пластичность оседаний земной поверхности, а следовательно, и предусматривать в проектах соответствующие работы по восстановлению земель, предопределяя при этом вид рекультивации, объем работ и затраты средств.

Заблаговременное установление на поверхности контуров будущих зон обрушения позволяет, по возможности, отводить их под отвалы пустых пород, высота которых соизмеряется с расчетной глубиной мульд обрушения и сдвижения пород. В этих случаях требующаяся для восстановления земель засыпка оседаний поверхности совмещается с производственно-технологической операцией и сокращаются расходы на дорогостоящую горнотехническую рекультивацию.

Раньше разработка месторождений, особенно в горно-таежных районах, не связанных с сельским хозяйством, не сопровождалась рекультивацией земной поверхности, и проведение ее в зонах обрушения с большой глубиной разрывов, провалов считалось экономически нецелесообразным. Сейчас у нас накоплен значительный опыт рекультивации земной поверхности, нарушенной не только открытой, но и подземной разработкой месторождений полезных ископаемых.

Так, в Кузбассе на горных отводах шахт комбината "Прокопьевскуголь" по состоянию на 1970 г. земли, нарушенные подземной разработкой, составляли 790 га. Засыпано провалов и воронок только в 1973 г. в объеме 3,8 млн. $м^3$ и восстановлено 255 га земли, в 1974 г. – дополнительно более 300 га, являвшихся некогда зоной обрушения, передано под огороды трудящимся и под посадку кустарников.

По технико-экономическому обоснованию озеленения территории бывших терриконов и проведения после отработки запасов угля рекреационной, а именно парковой рекультивации, уже в 1974 г. посажено 20,5 тыс. деревьев и кустарников. Передано сельскому хозяйству 150 га земли с восстановленной плодородностью.

В районе шахт комбината "Южкузбассуголь" все терриконы общей площадью 203 га потушены. Из них в 1974 г. с площади 17 га породы убраны в провалы, и остальная площадь будет освобождена от терриконов по плану в ближайшие годы. На горных отводах четырех шахт после засыпки провалов проведено озеленение. Предусматривается засыпка провалов в объеме 4,9 млн. $м^3$. Кроме

того, будет убрано 648 тыс. $м^3$ породы отвалов в овраги и для строительства дорог.

По комбинату "Кузбассуголь" при плане рекультивации 518 га выполнено 597 га. Из них возвращено сельскому хозяйству 450 га.

Комбинат "Кемеровоуголь", производящий добычу угля открытым способом в восьми разрезах, к началу 1975 г. рекультивировал 305 га. Из них для городского хозяйства 185 га, лесного хозяйства 111 га и сельского хозяйства 8,5 га. На горных отводах этого комбината озеленено 53 га пылеобразующих отвалов двух разрезов.

На разработках углей в Иркутской области из 5,4 тыс. га нарушенных земель спланировано отвалов на площади 3,2 тыс. га. В том числе в 1971–1973 гг. – 0,95 тыс. га. Из них занято под посев трав 434 га, лесонасаждения – 279 га и с восстановлением плодородного слоя передано колхозам и совхозам 285 га.

В Свердловской области произведена рекультивация высвободившихся от горных разработок земель к 1974 г. на площади 6,6 тыс. га и подлежит восстановлению в ближайшие годы 12 тыс. га.

Всего по РСФСР восстановлено земель, освободившихся от горных разработок на начало 1974 г., 118,4 тыс. га.

Геологоразведка осуществляет рекультивацию земель, нарушаемых своими выработками – разведочными канавами, шурфами, штольнями, буровыми скважинами и вспомогательными работами. Повсеместно, включая таежные районы, тундры, проводится засыпка канав и шурфов, а также ликвидация, тампонирование скважин. Особенно тщательная и полная рекультивация проводится на временно арендуемых сельскохозяйственных угодьях. Объем работ по восстановлению земель только экспедиций Министерства геологии РСФСР за последние несколько лет превысил 9 тыс. га. Значительное увеличение объема работ по рекультивации земель предусматривается в проекте на последующие годы.

Программы курса горного дела в советских учебных заведениях включают в числе основных требований к разработке месторождений рациональное использование естественных ресурсов и охрану окружающей природной среды. Специалисты горнодобывающей промышленности воспитываются в духе бережного отношения к природе, при котором пределы ее сохранения определяются требованиями не только экономическими, но и эстетическими, а также заботой о восстановлении, рекультивации нарушенных горными работами территорий (Именитов, 1973).

На основании геологических данных и с участием геологов еще в 60-х гг. создавались классификации вскрышных пород по пригодности их к сельскохозяйственному и лесохозяйственному освоению, а также различные инструктивные материалы (Моторина, Ижевская и др., 1971).

Участие геологии как науки в решении проблем рекультивации земель, нарушаемых горной промышленностью и строительством не только на горнотехнической стадии, но и биологической, яв-

ляется весьма нужным и полезным. Оно имеет плодотворное значение и для исходной горнотехнической рекультивации, делая ее с самого начала рациональной и целеустремленной. Содействие биологической рекультивации позволяет достигать оптимальных, наиболее эффективных конечных результатов. Сопряженные знания геологии, почвоведения, агрохимии и геоботаники при биологической рекультивации сделали возможным не ограничиваться восстановлением земель, а решать задачи по их улучшению, не только восстанавливать плодородие, но и в определенных условиях делать земли более плодородными, чем они были до нарушения горными разработками.

Среди пород вскрыши, извлекаемых в огромных массах из недр при открытой разработке месторождений, в естественном состоянии наиболее благоприятные для образования плодородных почв породы не всегда залегают в самой верхней части геологического разреза. Производя же селективное формирование отвалов и целесообразную укладку пород, человек "поправляет" природу. Непригодные, в том числе фитотоксичные, например сульфидосодержащие, породы убираются глубже, подальше от поверхности. Иначе их приходится нейтрализовать, или экранизировать, допустим, слоем карбонатного суглинка.

В то же время выносятся на поверхность потенциально плодородные почвообразующие породы. К ним относятся, например, известковистые мергели, карбонатные и лёссовидные суглинки. Последние относятся к наиболее распространенным материнским грунтам по отношению к плодородным почвам, на которых могут выращиваться без нанесения гумусного слоя деревья, кустарники и травосмеси.

Особенно важное значение имеет создание почвогрунтов и ускорение почвообразовательного процесса в местностях, лишенных достаточного плодородного покрова, где земная поверхность в естественном состоянии мало пригодна для сельского хозяйства (солончаки, пески и т.п.).

Плодородие четвертичных лёссовидных суглинков, как уже доказано проведенными опытами в Тульской области и на Украине, повышается посевами бобовых растений с применением минеральных удобрений. В Кузбассе установлена возможность ускорения почвообразовательного процесса на смесях аргиллитов и карбонатных суглинков с окисленными углями, обработанными аммиачной водой.

Известно, что в ГДР тощие плейстоценовые пески, выходящие на поверхность, могли давать лишь скудные урожаи овса. При открытой разработке бурых углей поднятые из глубин известковистые мергели позволили создать грунтосмеси, на которых достигнута высокая урожайность озимой пшеницы и стало возможным выращивание сахарной свеклы.

Породы отвалов, обработанные отходами от переработки бурых углей, дали более высокую урожайность, чем она была до горных разработок.

В Англии мнению о необходимости прекращения открытых разработок противопоставляется констатация того, что земля, подвергшаяся открытой разработке угля, возвращается не в худшем, а иногда и в лучшем состоянии. Этому благоприятствуют сравнительно ровная поверхность и пологое залегание углей, позволяющие производить сплошную вскрышу параллельными траншеями с завалом пустой породы в предшествующую отработанную траншею.

В социалистических странах отсутствие частной собственности на землю и недра обеспечивает наилучшие возможности оптимально-целесообразного решения межведомственных споров в интересах всего общества.

Таким образом, горная промышленность посредством восстановления и улучшения земель из антипода сельскому хозяйству превращается, по мере возможности, в его союзника. Использование же в народном хозяйстве полезных ископаемых, в частности минерального топлива, сберегает ресурсы органической природы.

Геологическая разведка предоставляет проектным организациям исходные данные для проектирования горнодобывающих предприятий, в том числе для разработки мероприятий по охране окружающей природной среды, включая рекультивацию земной поверхности. С этой целью расширяется диапазон геологических, инженерно-геологических и гидрогеологических исследований. Потребовался в проектах геологоразведочных работ и геологических отчетах специальный раздел по охране окружающей среды.

От геологического отчета, завершающего детальную разведку подсчетом запасов полезных ископаемых, уже требуется, чтобы он освещал не только выполнение мероприятий по охране природы при производстве геологоразведочных работ, осуществление ликвидации разведочных выработок на поверхности, но и давал исходные данные для разработки проектантами мероприятий по охране окружающей среды при эксплуатации месторождений, в том числе по рациональному использованию недр и земной поверхности.

В геологических организациях СССР проведено обсуждение перечня дополнительных вопросов, включаемых в геологические отчеты по месторождениям, готовящимся к передаче для промышленного освоения. К этим вопросам относятся следующие.

1. Полная характеристика (качественная и количественная оценка) вмещающих пород, особенно вскрышных, которые пойдут в отвалы, с целью их использования для производства строительных материалов или других целей. Соображения о размещении отвалов горных пород, возможности их самовозгорания, пылеобразования и выноса вредных веществ атмосферными водами.

2. Освещение результатов специальных исследований пригодности пород вскрыши для биологической рекультивации. Определение фитотоксичных пород, которые подлежат захоронению, и выделение потенциально плодородных почвообразующих пород, особенно необходимое при недостаточности заблаговременно снимаемого плодородного гумусного покрова и подпочвенного слоя.

3. Данные детального геологического изучения месторождения полезного ископаемого, позволяющие на стадии проектирования горнодобывающего предприятия при выборе системы отработки месторождения и определении масштабов производства прогнозировать изменения мезорельефа, характер нарушения поверхности и намечать мероприятия по восстановлению и улучшению земель, повышению их плодородия, особенно детально на сельскохозяйственных угодьях.

4. Гидрогеологические исследования района месторождения, содействующие при проектировании эксплуатации предопределению возможного изменения направления стока поверхностных вод, последствий снижения уровня грунтовых вод в связи с водоотливом из горных выработок, влияния понижения зеркала подземных вод на поверхностные водоемы, растительность, водообеспечение населенных пунктов. На основе этого предусматривать меры по предотвращению отрицательных последствий.

5. Изучение вещественного состава полезных ископаемых, технологические исследования, характеризующие химизм хвостов обогащения и возможное влияние на окружающую среду при вьщелачивании и распылении. Количественные и качественные изменения шахтных вод, методы очистки их и других промстоков. Возможности использования отходов первичной переработки минерального сырья и рекультивации земной поверхности, предназначаемой под хвостохранилища обогатительных фабрик.

6. По месторождениям подземных вод определение состояния зон санитарной охраны, сведений по ликвидации, тампонированию ненужных буровых скважин и оборудованию водозаборов.

7. Рекомендации по сохранению уникальных памятников природы – минералогических, палеонтологических, пещеро-карстовых, эоловых и других геологических достопримечательностей.

Проекты горнодобывающих предприятий, а в случае расположения последних в промышленных комплексах специальные технико-экономические обоснования или доклады определяют наиболее целесообразный вид рекультивации. При рассмотрении комплекса факторов, обусловливающих выбор из возможных вариантов – сельскохозяйственной, лесохозяйственной, водохозяйственной и рекреационной рекультивации, все в большей мере учитываются геологические, инженерно-геологические и гидрогеологические данные. Эти науки разделяют заботу с горными науками и горным производством о преодолении нежелательных сопутствующих последствий его для природы и общества.

Геология еще эффективнее должна содействовать решению коренной проблемы в отношении окружающей среды, не просто восстановлению прежнего состояния природной обстановки и в том числе земель, а их всемерному улучшению, активному созданию нового культурного ландшафта и гармоничного сочетания технического прогресса с оптимально благоприятной окружающей средой.

ABSTRACT

The work describes the part played by geology, including engineering geology, in solving the problems of restoring and improving the land surface damaged during the mining of minerals.

Specifically, forecasting the scale and type of the movement of rocks and the sinking of the land surface caused by mining work makes it possible to assess the kind of restoration and the amount of work needed and the expenditures involved.

Classification of rocks in accordance with their usefulness for biological renewal permits selective piling and the use of the correct engineering methods of restoring land surface.

The article deals with the experience of tne restoration of the land surface in the USSR.

ЛИТЕРАТУРА

Вернадский В.И. Избр. соч., т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1954, с. 223.

Восстановление земель после промышленных разработок. М., "Колос", 1967.

"Закон об охране природы в РСФСР" (27 октября 1960 г.). – Ведомости Верховного Совета РСФСР, ст. 586. М., "Известия Советов депутатов трудящихся СССР", 1960, с. 571.

Именитов В.Р. Технология, механизация и организация производственных процессов при подземной разработке рудных месторождений. М., "Недра", 1973, с. 28.

Колесников Б.П. О научных основах биологической рекультивации техногенных ландшафтов. – Сб.: Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск, "Наука", 1974, с. 12.

Моторина Л.В., Ижевская Т.И., Чеклина В.Н., Савич А.И., Зайцев Г.А. Временные методические указания к подготовке технических условий для проектирования рекультивации территорий, нарушенных открытыми горными работами. М., Изд. Мин. сельского хоз-ва СССР, 1971.

Потемкин Л.А. Охрана недр и рекультивация земель. – Сб.: Рациональное использование земной коры. Материалы научного совещания (М., 1972 г.) М., "Недра", 1974, с. 60.

И. И. ПЛОТНИКОВ, С. Г. ДУБЕЙКОВСКИЙ

УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОВАЛЬНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ ОСУШЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОКСИТОВ В КАРСТОВЫХ МАССИВАХ

На проседание дневной поверхности при осушении горных пород, насыщенных водой, обращали внимание многие исследователи.

Поланд (Poland, 1956) пишет, что в районе Делано и Кеттлемен-сити на общей площади 3500 км^2 за 20–40 лет произошла

осадка грунтов на 2–3 м. При этом максимальная скорость осадки составляла 30 см/год, такой же характер проседаний отмечает Киель (Kiel, 1958).

Механизм процесса проседания заключается в следующем: в естественных условиях внешняя нагрузка на породу уравновешивается реакцией скелета породы и поровой воды по уравнению

$$P_п = P_c + P_2,$$

где $P_п$ – горное давление, кгс/см^2; P_c – сила внутреннего напряжения в скелете породы; P_2 – гидростатическое давление. В результате водопонижения происходит снижение гидростатического давления в порах породы до нуля. Поэтому скелет породы, воспринимая всю нагрузку, уплотняется, что сопровождается общим понижением рельефа местности.

Осушение месторождений Североуральского бокситового бассейна сопровождалось провальными явлениями. Интенсивность этого процесса достигала 36 провалов в сутки на 1 км^2. Глубина отдельных провалов превышала 80 м. Вспышки провалообразования возникали 4 раза в течение 10-летнего периода и характеризовались следующими особенностями.

Месторождения бокситов залегают в толще закарстованных известняков девонского возраста (Андронов, 1961), которые перекрыты чехлом несвязных грунтов мощностью от 1 до 104 м. Осушение месторождений осуществляется при помощи комплекса мероприятий, включающих водоотлив из шахт, сооружение специальных дренажных узлов и отвод речных вод, являющихся основным источником обводнения горных выработок, в железобетонные каналы (Плотников, Сафронов и др., 1974).

Максимальная интенсивность провальных явлений отмечалась в долинах рек, совпадая во времени с отводом поверхностного стока в канале. Строительство последних происходило в долинах двух типов.

1. Долины, в которых аллювиальные образования насыщены водой. Проседание поверхности в естественных условиях не наблюдалось. Сток воды осуществлялся поверхностным путем. Максимальные расходы рек составляли от 100 до 300 м^3/с (реки Вагран, Калья, Колонга).

2. Долины с глубоким залеганием подземных вод и осушенной толщей аллювия. Зона сезонных колебаний уровня водоносного горизонта здесь располагалась ниже толщи аллювиальных отложений. На поверхности рыхлого покрова широкое распространение получили воронкообразные понижения суффозионно-карстового происхождения (до 46 карстовых форм (к.ф.) на 1 км^2). Их образование происходило со средней скоростью 0,84 к.ф. км^2/год. Максимальное количество воронок возникло в многоводные годы. Максимальный расход рек не превышал 30 м^3/с. Ко второму типу относились долины рек Сарайная, Сухая, Черемушка.

В долинах 1-го типа каналы пересекли инженерно-геологические разрезы трех разновидностей (сверху вниз):

А: 1) галечник, гравий, песок, супесь и суглинок мощностью от 2 до 36 м. По водопроводимости эта толща разделяется на две части: верхнюю, с коэффициентом фильтрации ($K_ф$) до 120 м/сут и нижнюю, $K_ф < 0,02$ м/сут. Нижняя часть представлена плотными суглинками, мощностью от 0,3 до 1,2 м с включением глыб известняка. Размывающие скорости суглинков, по данным испытаний в гидравлическом лотке, составляли от 0,54 до 0,85 м/с; 2) известняк светло-серый, закарстованный, $K_ф$ до 150 м/сут.

Б: 1) известняк светло-серый, трещиноватый, закарстованный, $K_ф$ до 60 м/сут.

В: 1) галечник с гравием и песком мощностью от 2 до 8 м ($K_ф$ = 2-70 м/сут);

2) переслаивание известняков со сланцами ($K_ф$ до 0,3 м/сут).

Конструкция каналов на всем протяжении была сделана однотипной. На песчано-гравийной смеси мощностью до 0,4 м укладывались железобетонные плиты толщиной 18 см, армированные сеткой из круглой стали диаметром 10 мм. Поверхность плит покрывалась торкрет-бетоном толщиной 3 см на водонепроницаемом расширяющемся цементе.

Железобетонные плиты укладывались: на реках с максимальным расходом до 30 $м^3/с$ в выемке с бортами 1:2, а в долинах рек с максимальным расходом до 350 $м^3/с$ в насыпях и в выемках с бортами от 1:10 до 1:3.

Под облицовкой прокладывались дренажные трубы, а на каналах сооружались насосные станции для откачки из-под каналов аллювиальных вод.

Строительство каналов было начато в 1954 г. и закончено в 1963 г. Строительные работы производились с постепенным удалением от месторождения. Каналы вводили в эксплуатацию по мере готовности участками длиной до 1,5 км.

В результате ввода в эксплуатацию каждого очередного участка канала в долинах 1-го типа происходило интенсивное снижение подземных вод, которое продолжалось 3-4 недели. После отрыва уровня карстовых вод от почвы рыхлых отложений сразу же возникали провальные формы глубиной от 0,2 до 30 м. Через провалы, образовавшиеся в руслах рек, начиналось интенсивное поглощение воды, уровень подземного потока восстанавливался до прежнего положения, что приводило к прекращению возникновения новых провальных форм.

Масштабы провальных явлений характеризуют следующие данные.

При обследовании долин 1-го типа (реки Вагран и Колонга), проведенном на площади 4,38 $км^2$, было обнаружено 526 суффозионно-карстовых форм, возникших за 1956-1969 гг. При этом 29 провалов произошло в железобетонной облицовке каналов.

Обследованием одного из участков, где впоследствии произошел провал облицовки канала, установлено, что несвязные грунты практически полностью были вынесены в карстовые полости, подстилающих их известняков.

Общая площадь разрушенной облицовки составила более 100 тыс.м^2, площадь одного провала достигала 1 га, а общий объем несвязных грунтов, вынесенных в карстовые полости, превысил 0,6 млн.м^3. Поглощение речных вод в провалы достигало 30 тыс.м^3/ч. В четырых случаях, после разрушения железобетонной облицовки канала, водоносный горизонт восстанавливался до естественного состояния, а каждое новое нарушение гидродинамического режима приводило к интенсификации провальных явлений (рис. 1). Все провалы оказались приуроченными к инженерно-геологическим разрезам вида А. На поверхности участков, представленных разрезами вида Б и В, никаких изменений не произошло.

В долинах 2-го типа по мере благоустройства поверхностного стока поглощение карстовых вод и интенсивность возникновения провальных явлений уменьшились. Например, в долине р.Сарайной с 1948 по 1956 г. включительно возникло 29 провальных форм, а с 1957 по 1974 г. только 9, т.е. скорость этого процесса снизилась с 0,84 до 0,14 км2/год.

Таким образом, проседания в долинах рек Североуральского бокситового бассейна вызваны не уплотнением, а размывом несвязных грунтов и их переотложением в карстовых полостях известняков. Размыв обеспечивают высокие скорости движения (2-5 м/с) нисходящих потоков аллювиальных вод при критической размывающей скорости супесей и суглинков от 0,5 до 0,85 м/с.

Высокие скорости нисходящих потоков возникают из-за отставания осушения аллювия от понижения уровня в карстовом водоносном горизонте. В результате такого отставания под влиянием гидростатического давления аллювиальных вод, достигавшего 1 кгс/см^2, происходило выдавливание маломощных водоупорных прослоев суглинков в осушенные карстовые пустоты, с последующим размывом несвязных грунтов нисходящим потоком воды.

Провальные явления концентрируются на участках, характеризующихся повышенной закарстованностью. Геологической документацией установлено, что объемные и линейные коэффициенты закарстованности известняков в контурах провалов изменяются от 23 до 0,6%. При этом диаметры карстовых каналов, по которым перемещались несвязные грунты, обычно не превышали 1-1,2 м.

Для прекращения развития процесса образования провальных явлений были приняты меры по предотвращению повторного насыщения аллювиальных отложений водой, что обеспечивало превращение долин 1-го типа во 2-й. Для этого было принято решение о сооружении аварийных каналов-дублеров, которые предназначались для отвода речного стока при разрушении основного канала. С целью предотвращения разрушения аварийных каналов их трассы проводили по слабозакарстованным известнякам.

Для оценки закарстованности пород, залегающих под чехлом несвязных грунтов, использование геофизических методов оказалось

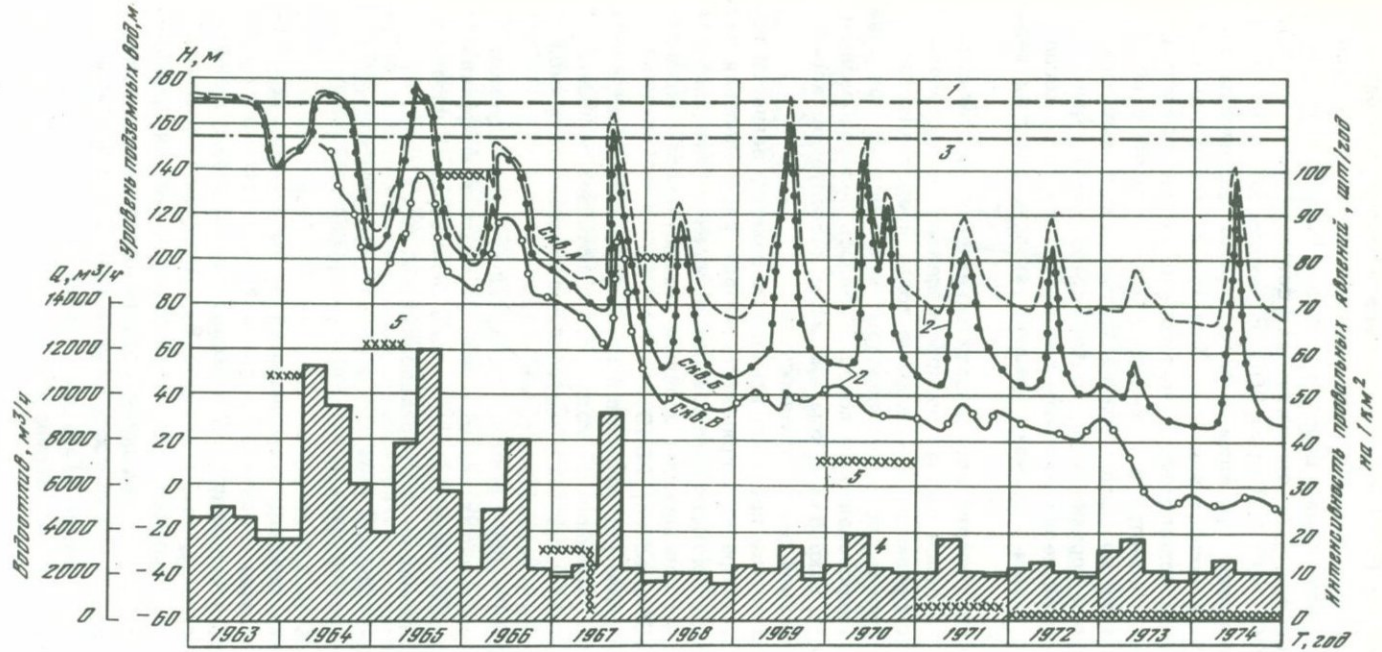


Рис. 1. Хронологические графики осушения южной части Североуральского бокситового бассейна и интенсивность образования провальных карстовых форм

1 – положение уровня подземных вод в естественных условиях; 2 – колебания уровня подземных вод по скв. А, Б, В в процессе осушения месторождений; 3 – положение контакта между аллювиальными отложениями и закарстованными известняками; 4 – шахтный водоотлив; 5 – интенсивность возникновения карстовых провалов (в год на 1 км^2)

неэффективным из-за малых размеров карстовых пустот. Поэтому электрические методы (СЭП и ВЭЗ) применяли только для районирования площади расположения гидротехнических сооружений по электрическим сопротивлениям пород $\rho_к$. В результате было выделено четыре типа контуров электрических сопротивлений (в Ом): 50–200, 200–400; 400–1200; >1200. В каждом контуре по трассам были пробурены скважины и по их кернам рассчитаны коэффициенты линейной закарстованности. Для оценки закарстованности пород были также использованы геологоразведочные скважины, пробуренные ранее. Несмотря на различные электрические свойства средние значения коэффициентов закарстованности известняков оказались одного порядка. Это, по-видимому, можно объяснить с позиций резкой неоднородности карстового массива, когда вероятность обнаружения участков с разной закарстованностью неодинакова.

В результате при бурении редкой сети скважин обычно вскрываются породы с наиболее широко распространенной закарстованностью, а редко встречающиеся карстовые зоны, представляющие максимальную опасность, остаются невскрытыми. Поэтому при одинаковой средней закарстованности пород оказалось целесообразным оценить вероятность вскрытия в том или ином исследуемом контуре зон с повышенной закарстованностью.

Для прогнозной оценки пределов изменения закарстованности пород оказалось целесообразным применить теорию распределения экстремальных величин, согласно которой распределение случайных значений чаще всего описывается двойным показательным законом (Смирнов, Дунин-Барковский, 1965).

Основным критерием распределения исследуемого параметра служит нормированное уклонение от моды Y, с которым величина X связана уравнением прямой $Y = a(x-u)$, где параметры прямой a и u определяются в процессе исследований.

Для этой цели по керну скважин, пробуренных в исследуемом контуре методом скользящих перемещений, рассчитали коэффициенты закарстованности известняков $K_з$ для 50-метровых интервалов глубин и составили из них вариационный ряд $K_{з1} < K_{з2} \ldots < K_{зn}$.

Для оценки вероятностей вскрытия горными выработками зон с высокой закарстованностью использовали последовательность операций (Gumbel, 1958).

Из рассмотрения графиков зависимостей $K_з$ от y (рис. 2), характеризующих контуры с одинаковой средней закарстованностью, можно установить, что в контуре 7 максимально возможное значение $K_з$ в 3 раза больше, чем в контуре 8, и превышает критическую величину закарстованности, при которой наблюдаются проваль-ные явления. В таких контурах целесообразно сооружать каналы на скальном основании только после снятия покрова аллювиально-делювиальных отложений. Там, где максимально возможные значения $K_з$ ниже критической величины, вероятность возникнове-

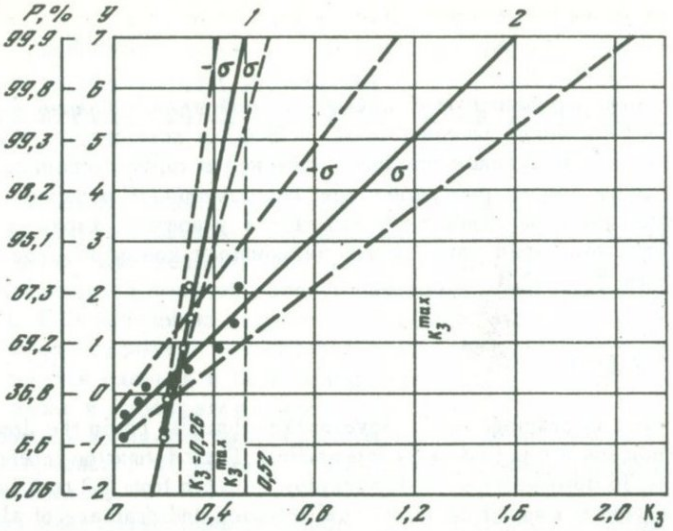


Рис. 2. Графики распределения максимальных величин коэффициентов закарстованности

1 – контур 8, $K_3 = 0{,}240+0{,}040\,Y$; *2* – контур 7, $K_3 = 0{,}155+0{,}206Y$

ния провальных явлений может быть оценена близкой к нулю (меньше 0,001%).

Сооружение каналов-дублеров было закончено в 1970 г. В результате их эксплуатации в течение 5 лет были сглажены колебания уровня водоносного горизонта, устранено периодическое обводнение аллювиальных отложений подземными водами и снижена интенсивность возникновения провалов до 0,64 к. ф/год/км^2 (см. рис. 2), т.е. до той величины, которая свойственна долинам 2-го типа. Таким образом, интенсификация провальных явлений в аллювиальных отложениях речных долин при осушении карстового массива связана с перемещением покровных отложений, насыщенных водой, в пустоты карстового водоносного горизонта.

Процесс образования провалов может быть расчленен на 3 стадии.

1. Снижение уровня подземных карстовых вод, сопровождающееся нарастанием гидростатического напора до 0,5–1 кгс/см^2 на подошву аллювиального водоносного горизонта, залегающего на известняках.

2. Разрыв под влиянием гидростатического напора сплошности водоупорных суглинков, залегающих в основании аллювия, над карстовыми пустотами известняков.

3. Размыв и перемещение несвязных грунтов в карстовые полости известняков, нисходящим потоком аллювиальных вод.

Неоднократные вспышки провальных явлений вызывались повторным обводнением и осушением аллювиальных отложений в процессе

колебания уровня карстового водоносного горизонта. Устранение этой причины позволило снизить интенсивность образования провалов в 100–150 раз.

Для прогнозирования провальных явлений целесообразно использовать электрические методы (СЭП и ВЭЗ) в комплексе с буровыми работами и оценкой пределов изменения закарстованности пород на основе теории распределения экстремальных величин. Возникновение провалов наиболее вероятно на участках, характеризующихся максимальными расчетными значениями коэффициентов закарстованности $K_э > 0,6$.

ABSTRACT

In the process of drainage of the Severouralsk bauxite basin the downwarpings phenomena are periodically intensified. Their formation intensity amounts to 36 downwarpings a day ranging in depth from 0,2 to 30 meters. Their formation is caused by occasional flooding and drainage of alluvium and its consequent transportation into karst cavities in limestones. Elimination of flooding alluvium with karst waters decreased the intensity of downwarpings formation over 150 fold.

The downwarpings originate in the areas with a karst spreading factor in limestones exceeding 0,6%. It is recommended to look for downwarpings – hazardous areas on the basis of geophysical investigations data, the results of boring wells with a consequent estimation of maximum karst – spreading factor on the basis of distribution theory of extreme quantities.

ЛИТЕРАТУРА

Андронов С.М. Некоторые представители семейства Pentameridae из девонских отложений окрестностей г. Североуральска. М., Изд-во АН СССР, 1961, с. 163.

Плотников И.И., Сафронов В.Г., Гулемин Н.М. Опыт защиты шахт СУБР'а от обводнения. – Горный журнал, 1974, № 10, 13.

Смирнов Н.В., Дунин-Барковский Н.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. Изд. 2-е. М., "Наука", 1965.

Gumbel E.I. Statistics of extremes. N.Y., 1958.

Kiel H. Das Problem der groundwasser absenkung un Erftgebiet. – Das Gas und Wasserfach, 1958, 99, N 40.

Poland T.F. Subsidense of the Land Suface in Tubare–Waslo (Deleno) and Los Bonos Kettlemancity. – Son Jongiam Valley. California Trans Amer. geofhus Union, 1956, N 4, 37.

В. Д. ЛОМТАДЗЕ

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И ИХ ПРОГНОЗ

Гравитационные процессы на поверхности Земли развиваются почти повсеместно под влиянием гравитационных сил, действие которых проявляется либо непосредственно в виде оползней, обвалов, осыпей либо вызывается текучей водой, движением льда, воздушными потоками. Разнообразные процессы, особенно те, которые возникают при непосредственном воздействии гравитационных сил, угрожают устойчивости склонов и безопасности расположенных на них, проектируемых и строящихся сооружений.

Поэтому возникает необходимость в охране территорий и жизни людей от вредного, часто катастрофического проявления гравитационных процессов.

Изучению гравитационных процессов посвящены многочисленные и разнообразные исследования, проводимые во многих странах. В СССР исследованию этих процессов также уделяется большое внимание. Тем не менее многие научные и практические вопросы, связанные с этой проблемой, остаются еще не решенными.

Это связано, с одной стороны, со сложностью и разнообразием гравитационных процессов и их проявлением, а с другой – с современным состоянием развития инженерной геологии, когда накопление фактов продолжается, а соответствующих теоретических обобщений делается еще недостаточно.

Здесь мы рассматриваем только те процессы, которые возникают и развиваются при непосредственном воздействии гравитационных сил. Классификация таких явлений приведена в таблице. В ее основе лежит вид, способ, особенности движения масс горных пород, т.е. механизм того или иного явления. Для более полной характеристики и оценки каждого явления в классификации дополнительно приведены три основных признака, позволяющих учитывать причину нарушения равновесия масс горных пород, динамику развития явления и его масштаб. В таблице приведен также перечень инженерных мероприятий, применяемых для предупреждения развития гравитационных явлений или локализации их вредного влияния.

Оползнем мы называем массу горных пород, смещающуюся или сместившуюся вниз по склону или откосу (искусственному склону) под влиянием силы тяжести, гидродинамического давления, сейсмических и некоторых других сил. Оползень есть результат геологического оползневого процесса, проявляющегося в смещении – оползании масс горных пород вследствие нарушения их устойчивости – равновесия. Это всегда происходит по одной или нескольким поверхностям скольжения, которые являются обязательным и характерным элементом структуры каждого оползня.

15 967

Основные виды гравитационных явлений (по В.Д. Ломтадзе)

Классификация		Дополнительные сведения для детализации характеристики и оценки явлений			
Вид явлений	Вид движения масс горных пород	Причины нарушения равновесия масс горных пород на склонах и откосах	Состояние и динамика явлений (по И.В.Попову)	Размеры (масштаб явлений)	Направление инженерных мероприятий
1	2	3	4	5	6
Оползни					
Структурные	Скольжение блока или блоков горных пород по поверхности скольжения без существенного нарушения их внутреннего строения	1. Увеличение крутизны склона или откоса при подрезке, подработке или подмыве	Активные – процессы установления равновесия продолжаются	Малые – отдельные глыбы, небольшие объемы	I. Регулирование поверхностного стока
асеквентные	В однородных породах, поверхность скольжения круглоцилиндрическая	2. Ослабление прочности пород вследствие изменения их физического состояния при увлажнении, набухании, разуплотнении, выветривании, оттаивании после промерзания, нарушении естественного сложения и др.	Временно стабилизировавшиеся – действие причин, вызывающих нарушение равновесия, временно уравновешено факторами устойчивости	Небольшие, от десятков до 100–200 м^3	II. Дренаж обводненных горных пород
консеквентные	В неоднородных породах, поверхность скольжения плоская, плоскоступенчатая, волнистая, наклонная				III. Перераспределение масс горных пород
инсеквентные	В неоднородных породах, поверхность скольжения врезается в горизонтальные или наклонные слои, форма	3. Действие гидростатических и гидродинамических сил, оказывающих взвешивающее действие на породы и вызывающих развитие фильтрационных деформаций	Стабилизировавшиеся – причины нарушения равновесия временно устранились	Средние, от сотен до 1000 м^3	IV. Защита от подмыва и размыва
	ее плоская, ломаная или вогнутая круглоцилиндрическая				V. Закрепление масс горных пород подпорными стенками и анкерными сооружениями
Пластические (всегда консеквентные)	Течение масс горных пород подобно вязкой жидкости по наклонной поверхности скольжения				VI. Искусственное улучшение свойств горных пород
собственно оползни	По поверхности скольжения, располагающейся ниже поверхностных слоев	4. Изменение напряженного состояния горных пород в зоне формирования склона и строительства откоса	Полностью стабилизировавшиеся – действие причин, вызывающих нарушение равновесия, исчерпано	Большие, от тысячи и десятков тысяч до 100–200 тыс.м^3	VII. Лесомелиоративные работы
оползни-потоки	По ложбинам стока				
сплывы	Сравнительно быстрое и катастрофически быстрое течение приповерхностных горизонтов пород	5. Внешние воздействия – загрузка склона или откоса, а также участков, прилегающих к их бровкам; микросейсмические и сейсмические колебания и др.	Древние – возникшие в условиях, отличных от современных	Грандиозные, в сотни тысяч м^3 и более	VIII. Профилактические мероприятия
солифлюкционные подвижки	Медленное течение самых поверхностных горизонтов горных пород и почвенно-растительного слоя				
Структурно-пластические	Скольжение блока или блоков горных пород, которые при движении разрушаются, дробятся и превращаются в массу, ползущую подобно вязкой жидкости по поверхности скольжения				

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6
Оползни-обвалы					
Переходные разновидности оползней в обвалы	Скольжение блока или масс горных пород, которые при обрывистом ступенчатом рельефе склона затем обваливаются вниз по склону	1. Снижение прочности, устойчивости и нарушение монолитности горных пород при выветривании, увлажнении и др.			I. Устройство улавливающих сооружений
Обвалы					
обвалы собственно	Обвалы масс горных пород из обнажений, расположенных на горных склонах, сопровождающиеся скатыванием, опрокидыванием и дроблением	2. Увеличение крутизны склонов и откосов при подрезке или подмыве, а также в связи с современными и новейшими тектоническими движениями			II. Защита горных пород от выветривания III. Закрепление масс горных пород
вывалы	Вывалы отдельных глыб или масс горных пород из крутых и отвесных склонов, откосов выемок и бортов карьеров	3. Внешние воздействия - микросейсмические, сейсмические и др.			IV. Обход и сдвижка сооружений от опасных участков
Осыпи					
щебенистые песчано-дресвяные	Осыпание щебенистого, дресвяного и песчаного материала со склонов и откосов				V. Профилактические мероприятия

Оползневые смещения масс горных пород обусловливают изменение поверхности склонов и откосов, создают оползневой рельеф. Кроме того, они изменяют геологическое строение оползневого участка, создают своеобразные формы внутреннего строения оползня – его структуру. Каждый оползень образует определенный оползневой участок, захватывающий малую или большую площадь склона или откоса и прилегающей к ним местности. Известны примеры, когда на высоких склонах оползни возникали на разной высоте, образуя два или несколько ярусов. Часто один оползневой участок склона примыкает непосредственно к другому или располагается на каком-то расстоянии от него, или они спорадически появляются на склоне, простирающемся на километры, десятки и даже сотни километров, образуя целый оползневой район.

Обвальные процессы охватывают в основном два вида явлений: собственно обвалы и вывалы. Оба вида проявляются в быстром перемещении масс горных пород – в этом их сходство. Однако по своим размерам и условиям движения они различаются.

Под вывалом мы понимаем обрушение отдельных глыб и блоков горных пород из откосов выемок и полувыемок, с крутых и отвесных склонов, сложенных твердыми (скальными) или полутвердыми (полускальными) горными породами. Иногда обрушаются отдельные включения глыб, валунов или объемов уплотненных, сцементированных пород, залегающих среди мягких глинистых или рыхлых песчаных пород. Следовательно, термин "вывал" определяет место и характер явления, а также наличие твердых или полутвердых горных пород, участвующих в его образовании.

Там, где откосы и склоны сложены сильно трещиноватыми, раздробленными породами, отдельности которых достигают размеров щебня или дресвы, или рыхлыми породами, образуются осыпи создающие шлейфы и конусы в их основании. Следовательно, осыпи, в отличие от вывалов характеризуются только небольшими размерами отдельностей, образующихся вследствие определенного физического состояния горных пород.

Под собственно обвалами понимается обрушение масс горных пород, сопровождающееся скатыванием, опрокидыванием и раскалыванием как отдельных глыб и блоков, так и более крупных объемов твердых и полутвердых горных пород из обнажений, расположенных на горном склоне, выше бровки откоса, или на крутой, отвесной части склона.

Таким образом, у обвалов в отличие от вывалов перемещение масс горных пород начинается с нагорного склона, а не из откосов или крутой, отвесной части склона. Кроме того, при вывалах массы горных пород, от места обрушения (отрыва) до места падения, в большинстве случаев преодолевают путь лишь по воздуху. При обвалах этот путь массами горных пород преодолевается качением по нагорному склону, сопровождающемся некоторой сортировкой каменного материала. Эта сортировка во время обвалов происходит не так, как в водных потоках. При обвалах более крупные

обломки, обладающие большей живой силой, уносятся дальше от места обрушения, чем более мелкие. В результате путь обвалов по нагорному склону бывает фиксирован как отдельно лежащими обломками, так и настоящими каменными потоками и полями, образующими коллювиальные накопления (курумы).

Характерно, что обнажения горных пород на нагорных склонах часто обрамляют лога – ложбины стока, спускающиеся со склонов и имеющие нередко висячие устья. Такие лога на обвальных участках многочисленны и представляют большую угрозу, так как являются своего рода камнесборами и транзитными путями, по которым происходят обвалы.

Всякое гравитационное смещение масс горных пород обусловливает разрушение склонов и откосов. Оно происходит под воздействием силы тяжести и других сил и возможно только тогда, когда сдвигающая – скалывающая составляющая сила тяжести превысит прочность пород в целом, либо по существующим или потенциальным поверхностям и зонам ослабления, когда будет нарушена устойчивость – предельное равновесие масс горных пород. В этом случае неизбежно произойдет медленное или быстрое смещение масс горных пород.

В пределах каждого склона или откоса действие сдвигающих или скалывающих усилий обязательно, поскольку существуют гравитационные силы – гравитационное поле Земли. Однако при этих обстоятельствах образования оползней, обвалов и осыпей может и не быть. Для этого необходимы определенные причины нарушения равновесия масс горных пород и реализация действия сдвигающих – скалывающих усилий. В приведенной таблице только такие причины и названы причинами образования гравитационных явлений. Каждая из них в отдельности может вызвать нарушение равновесия масс горных пород на склонах или откосах, но чаще наблюдается совместное влияние некоторых из них. Горные породы, оказавшиеся под таким совместным влиянием ряда причин, легче приходят в движение и образуют оползни, обвалы и осыпи.

Анализ причин возникновения гравитационных явлений позволяет сделать вывод о том, что они в конечном счете могут быть вызваны повышением абсолютного или относительного значения сдвигающих – скалывающих усилий. Изменение крутизны склона, увеличение веса горных пород при увлажнении, действие гидродинамических и отчасти гидростатических сил, концентрация напряжений в зоне склона или откоса, их загрузка, сейсмические и другие внешние воздействия повышают абсолютное значение сдвигающих и скалывающих сил, стремящихся сместить массы горных пород вниз по склону или откосу. Ослабление прочности горных пород вследствие изменения их физического состояния при увлажнении, набухании, разуплотнении, выветривании, нарушении естественного сложения, изменении напряженного состояния и т.д. вызывает главным образом относительное увеличение сдвигающих – скалывающих сил, и они оказываются бо́льшими, чем прочность горных пород.

На такой вывод о причинах образования оползней необходимо обратить особое внимание, так как он указывает, во-первых, на важнейшую закономерность развития гравитационных процессов и, во-вторых, на возможный выбор инженерных мероприятий для предупреждения их образования, локализации или защиты от их опасного воздействия.

При установлении причин образования того или иного гравитационного явления необходимо учитывать также факторы, способствующие его образованию, т.е. всю совокупность природных и искусственных условий, облегчающих действие сил, нарушающих равновесие масс горных пород. Например, поверхности и зоны ослабления, имеющие наклон к основанию склона, облегчают действие сдвигающих - скалывающих усилий и, наоборот, при их наклоне в глубь склона действие этих сил затрудняется, либо они вообще не проявляются. Местности с пересеченным рельефом благоприятны для развития оползней, обвалов и осыпей и, наоборот, равнинные - менее благоприятны. В районах с влажным климатом оползни встречаются чаще, чем в засушливых. В пределах водохранилищ, в глубоководной - приплотинной зоне образование оползней более вероятно, чем в зоне выклинивания подпора при равных геологических условиях и т.д.

Следовательно, причины образования гравитационных явлений и факторы, способствующие их возникновению и развитию, - не одно и то же. Такое расчленение понятий, как показывает опыт изучения гравитационных явлений, крайне необходимо и логически совершенно правомерно, так как облегчает анализ явлений, прогноз процессов и выбор направления защитных инженерных мероприятий.

Из факторов, наиболее часто способствующих образованию гравитационных явлений, можно назвать следующие: климатические особенности района, гидрологический режим водоемов и рек, рельеф местности, геологическое строение склонов и откосов, современные и новейшие тектонические движения и сейсмические явления, гидрогеологические условия, развитие сопутствующих экзогенных процессов и явлений, особенности физико-механических свойств горных пород, инженерная деятельность человека и др. Часть из них может быть отнесена к категории региональных, а часть - к категории местных, локальных факторов. Следовательно, при изучении и оценке угрожаемости гравитационных явлений необходим всесторонний подход, комплексный анализ, учитывающий как региональные, так и местные условия.

Для каждого вида гравитационных явлений характерен определенный механизм процесса, т.е. вид, способ, характер смещения - движения масс горных пород. Основным свойством механизма оползневого процесса является его определенность в части смещения - сдвига, т.е. относительного перемещения одной части горных пород по другой, по поверхностям или зонам ослабления. Опыт изучения оползней показывает, что в одних случаях происходит оползание - сдвиг - скалывание блока или блоков горных пород (структурные

оползни), в других – перемещение масс горных пород происходит в виде течения, подобно вязкой жидкости (пластические оползни). Бывают и переходные способы перемещения масс горных пород, когда отделившийся блок породы в процессе движения разрушается, дробится, перетирается и дальнейшее его движение приобретает характер вязкого течения.

Основным свойством механизма обвального процесса является быстрый отрыв и обрушение масс горных пород, сопровождающееся их опрокидыванием, качением, дроблением и движением – полетом по воздуху. Характерно, что у вывалов начальная скорость движения блоков и глыб горных пород равна нулю и их движение часто соответствует движению свободно падающего тела. Если такие глыбы и блоки пород ударяются о выступы откоса или крутого склона, свободное их падение изменяется и совершается далее по вынужденной траектории в результате отскока. У обвалов массы горных пород у бровки откоса или крутой, отвесной части склона уже имеют определенную, часто значительную скорость движения, и дальнейший их полет совершается по траектории артиллерийского снаряда. В этом случае, например, на уровне основания откоса величина отлета обвала значительно больше, чем вывала.

Итак, можно выделять определенные механизмы гравитационных процессов и соответственно виды гравитационных явлений. При этом следует заметить, что скорость перемещения масс горных пород, например, при оползневом процессе, так же как и ее характер (установившаяся, неустановившаяся, возрастающая, затухающая и т.д.), характеризует главным образом динамику процесса и не определяет его механизм. На это приходится обращать внимание, так как некоторые исследователи и теперь одним из различий между оползанием и пластическим течением считают скорость происходящих явлений.

Динамика любых геологических процессов, в том числе гравитационных, характеризуется определенными закономерностями их развития во времени. При рассмотрении примеров образования гравитационных явлений можно заметить, что каждое из них как-то, в течение какого-то времени подготавливалось, прежде чем фиксировался факт образования оползня, обвала или осыпи. Если природные геологические условия благоприятны и создается подходящая ситуация для действия сдвигающих сил скалывающих усилий, начинается подготовка к нарушению равновесия масс горных пород. В период этой подготовки происходят разные явления: постепенно увеличивается степень выветрелости пород, изменяется их влажность и физическое состояние, снижается прочность, изменяется крутизна склонов при подмыве, начинаются микроподвижки, пластические деформации (ползучесть), в том числе явления глубиной ползучести и др. Эти явления в конечном счете приводят к снижению устойчивости горных пород на склонах и откосах, к неизбежности их оползания, обваливания или осыпания. В результате наступает новое состояние их равновесия. Здесь хорошо прояв-

ляется действие в природе закона связей в развитии геологических процессов и явлений, в соответствии с которым при развитии одних явлений неизбежно возникают и развиваются другие.

Такова суть диалектики гравитационных процессов, определяемая связями между условиями окружающей геологической среды и образованием оползней, обвалов и осыпей; постепенными количественными изменениями степени устойчивости и новым состоянием равновесия горных пород; гравитационными процессами и другими геологическими процессами, которые им сопутствуют и их обусловливают.

Итак, в динамике развития каждого гравитационного явления можно различать три этапа: этап подготовки, как правило, постепенного уменьшения устойчивости масс горных пород; этап фактического образования явления, как правило, сравнительно быстрой или резкой потери устойчивости массами горных пород и этап существования – стабилизации – восстановления устойчивости массами горных пород.

На такую схему развития, например, оползневого процесса обращали внимание многие исследователи, в частности, Ф.П. Саваренский, К. Терцаги, И.В. Попов, Е.П. Емельянова и др.

Продолжительность этапов в каждом конкретном случае может быть различной. Так, например, этап подготовки может развиваться месяцами или годами, но при быстрой загрузке склона или откоса, при быстрой подрезке склона или особенно при сейсмических толчках он может сократиться до минимума, в пределе до нуля. В последнем случае процесс как бы минует этот этап. Когда подготовительный этап занимает значительный отрезок времени, развитие, например, оползневых явлений происходит неравномерно (ускоряется, затухает, вновь возникает) в связи с суточными, сезонными, годовыми изменениями климатических, гидрологических и других условий окружающей среды или в связи с какими-то искусственными изменениями, вызванными сработкой уровня воды в водохранилищах, нагрузкой от транспорта, работой экскаваторов и других машин, поливом садов, огородов, плантаций и т.д.

Явления, развивающиеся на этом этапе (следы подвижек с образованием бугристости, валов, трещин, расширения трещин и т.д.), часто устанавливаются при визуальных наблюдениях, но в большинстве случаев, особенно на начальной стадии, полнее характеризуются данными стационарных инструментальных наблюдений. Начальная стадия развития процесса от последующей отделяется появлением трещин, увеличением величины и скорости смещения масс горных пород.

Этап фактического образования оползня также может иметь различную продолжительность, неравномерность скорости смещения всего оползневого тела или отдельных локальных его частей и т.д. В соответствии с этим И.В. Поповым было предложено различать движущиеся, приостановившиеся и остановившиеся оползни (см. таблицу). Это означает, что смещение масс горных пород может быть

разовым быстрым или медленным, повторяющимся многократно с остановками или периодическим, с неизменяющимся объемом оползающих масс или с непрерывно равномерно увеличивающимся, или увеличивающимся ступенями вследствие образования новых заколов и срывов на склоне.

Каждая новая значительная общая подвижка оползня характеризует стадию процесса, а местные – локальные подвижки – его фазы. Стадии на этапе образования оползня намечаются по перерывам между общими значительными подвижками оползня, обусловленными естественными геологическими или искусственно вызванными событиями в истории данной местности (штормы на море, крупные паводки на реках, наполнение водохранилища, отклонение от средних многолетних климатических условий, землетрясения, современные и новейшие тектонические движения, строительство новых сооружений и т.д.). В течение перерывов между стадиями образования оползня подвижки оползневых масс не прекращаются, а характеризуются малыми размерами и скоростями, определяющими фазы его развития, и обычно фиксируются при инструментальных наблюдениях. В такие перерывы действуют другие процессы денудации, преобразующие рельеф поверхности оползневого участка.

Этап существования – стабилизации, например, оползня наступает тогда, когда оползень образовался и причины, вызвавшие его образование, исчерпаны. Оползневой процесс, как таковой, закончился. Устойчивость масс горных пород, сместившихся со склона или откоса, восстанавливается, но при новом положении в рельефе. Нарастание устойчивости может происходить постепенно, плавно или скачками и иногда сопровождаться локальными смещениями некоторых объемов горных пород до полного окончания оползневого процесса, характеризуя определенные фазы его развития. На этой стадии дальнейшее преобразование и изменение рельефа оползневого участка происходит под воздействием других агентов денудации.

Такова схема динамики развития гравитационных процессов. Однако при анализе их главным является также выяснение закономерностей развития в зависимости от обусловливающих причин и способствующих факторов.

ABSTRACT

In this report there is given the characteristic of reasons and conditions of different gravitational processes and phenomena forenation and their classification.

Every kind of gravitational phenomena is shown to be characterized by the certain process mechanizm, i.e. by the type, the method and the nature of rock moving. In the conclusion gravitational process dynamics is considered, this dynamics characterizing certain regularities and their development both in time and their forecast.

Э. Г. ГАЗИЕВ

МОРФОЛОГИЯ ТРЕЩИН И УСТОЙЧИВОСТЬ МАССИВОВ

РАСШИРЕНИЕ ТРЕЩИН ПРИ СДВИГЕ

Любое разрушение материала сопровождается его объемным расширением. Если тело не имеет возможности объемного расширения, оно не может разрушиться и при очень высоких нагрузках изменяет свои свойства, переставая существовать в своем первоначальном виде. Поэтому анализ деформаций при разрушении, а также выявление взаимосвязи между деформациями и нагрузками при разрушении имеют весьма важное значение для выявления закономерностей и оценки параметров разрушения.

Расширение трещин при сдвиге – весьма важное свойство скальных пород, которое необходимо учитывать при расчетах устойчивости скальных массивов и систем их укрепления анкерами. Особую важность в этом случае приобретает то обстоятельство, что трещина, ограниченная в возможностях своего раскрытия, окажет значительно большее сопротивление сдвигающим усилиям за счет резкого возрастания в ней нормальных напряжений, чем трещина, испытываемая при постоянном нормальном напряжении.

Следует отметить, что явление расширения при сдвиге относится в первую очередь к сомкнутым трещинам, у которых оно наиболее ярко проявляется. Зияющие или достаточно раскрытые трещины с рыхлым мягким заполнителем либо без него при сдвиге могут проявить тенденцию к смыканию.

Основным параметром, определяющим расширение трещины при сдвиге, является шероховатость и характер зацепления обеих поверхностей трещины, что в свою очередь характеризуется наличием и величиной подвижек и смещений по трещине в прошлом.

Если предположить, что нормальное усилие равно нулю и разрушения выступов неровностей не происходит, расширение трещины будет определяться подъемом одной части трещины относительно другой на угол i_0, представляющий собой начальный угол подъема неровностей, определяемый статистически на основании осуществленных замеров (Rengers, 1970).

При нормальном усилии σ некоторые выступы на поверхности трещины будут разрушаться, причем тем легче, чем меньше прочность материала этих выступов. В результате расширение трещины при сдвиге будет определяться углом отклонения (подъема) i, который будет определяться начальной шероховатостью трещины i_0, нормальным напряжением σ и прочностью материала стенки трещины $R_{тс}$.

Анализ имеющихся, к сожалению, не очень многочисленных результатов по замеру углов подъема смещающегося скального блока по трещине при различных нормальных напряжениях позволяет пред-

положить следующую зависимость для определения этого угла подъема при сдвиге:

$$i = i_0 \left(1 - \frac{\sigma}{R_{тс}}\right)^m, \qquad (1)$$

где i – угол подъема скального блока при его смещении по трещине; i_0 – начальный угол подъема неровностей в направлении сдвига; σ – нормальное напряжение сжатия в плоскости трещины; $R_{тс}$ – прочность материала стенки трещины на раздавливание; m – показатель степени, который с достаточной для скальных пород степенью точности может быть принят равным 10.

Рассмотрим подробнее входящие в полученную зависимость параметры.

Под начальным углом подъема неровностей трещины i_0 понимается средний угол подъема неровностей в направлении сдвига, в рассматриваемый момент времени, т.е. с учетом всей предыдущей истории нагружений и смещений по данной трещине.

Принимая во внимание сложность численного определения величины i_0 на основе статистической обработки имеющихся данных замеров углов неровностей трещины, назначать величину начального угла подъема неровностей i_0 следует по результатам опытного сдвига штампа или целика по рассматриваемой трещине.

Прочность на сжатие стенки трещины $R_{тс}$ характеризует прочность неровностей и бугорков по поверхности трещины, которая в зависимости от степени выветривания и нарушения в процессе предыдущих смещений и подвижек может быть в несколько раз меньше прочности здоровой скальной породы, слагающей массив. Обычно прочность стенки трещины на раздавливание составляет величину,

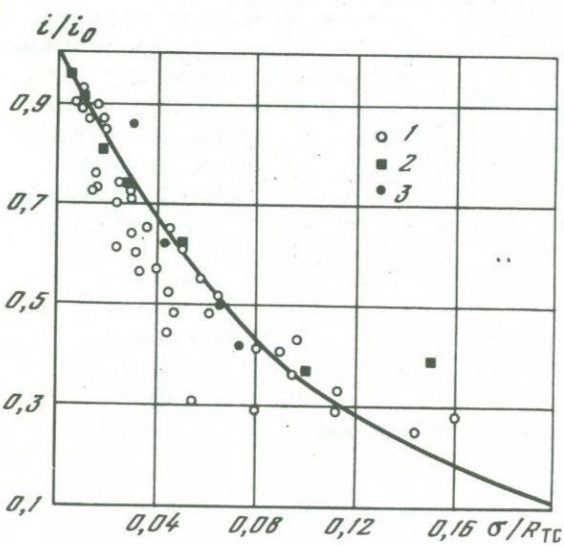


Рис. 1. Зависимость угла отклонения i при сдвиге по скальной трещине от величины нормального напряжения

1 – опыты Бартона (Barton, 1971); *2* – зеленые сланцы Андижанской ГЭС (Tsitovich, Ukhov, 1970); *3* – трещина № 750 на створе Токтогульской ГЭС

близкую к 1/4 от прочности на сжатие образцов здоровой скалы (Barton, 1971).

Для ее оценки необходимо отобрать образцы непосредственно с поверхности трещины, либо определить твердость поверхности трещины тем или иным способом, предварительно установив корреляционную зависимость между твердостью и прочностью на раздавливание.

Параметр m, характеризующий хрупкость рассматриваемой скальной породы, как показывают экспериментальные данные, колеблется в довольно узких пределах относительно наиболее часто встречаемого значения $m = 10$, которое и может быть использовано при отсутствии каких-либо экспериментальных результатов.

На рис. 1 приведены результаты некоторых экспериментальных исследований, проведенных на различных скальных породах (Barton, 1971; Tsitovich, Ukhov, 1970). Кривая, описанная уравнением (1) при $m = 10$, достаточно хорошо соответствует экспериментальным данным.

УРАВНЕНИЕ ПРОЧНОСТИ НА СДВИГ ПО ТРЕЩИНЕ С ШЕРОХОВАТЫМИ СТЕНКАМИ БЕЗ ЗАПОЛНИТЕЛЯ

Для описания прочности на сдвиг по скальной трещине с шероховатыми стенками, или, иначе говоря, по трещине с "зацеплением", обычно используется традиционное уравнение Кулона, предложенное им в 1773 г. для описания прочности однородных грунтов, сдвигаемых по плоскости

$$\tau = C + \mu\sigma, \qquad (2)$$

и переносимое в механику скальных пород из классической механики грунтов. Причем поскольку параметры C и μ в данном случае уже не имеют физического смысла сцепления и трения, в них вкладывается иной смысл и чаще они определяются как математические параметры уравнения прочности, аппроксимирующие кривую прочности на определенном участке нормальных напряжений.

Этот критерий настолько все еще популярен, что большинство инженеров продолжает пользоваться параметрами C и μ и не хочет принимать никаких других критериев, даже если они лучше описывают прочность скальных массивов, или же находят множество причин, затрудняющих применение того или иного критерия.

Однако для выявления функциональной зависимости между прочностью на сдвиг и другими определяющими параметрами необходимо учесть все основные особенности смещения по скальной трещине и в первую очередь ее расширение при смещении.

Анализируя расширение зоны сдвига в зернистых песчаных материалах, Ньюленд и Аллей (1957) предложили для описания мак-

симальной прочности на сдвиг зависимость

$$\tau = \sigma tg\,(i + \phi), \qquad (3)$$

где i – средний угол отклонения частицы при смещении от направления приложенного сдвигающего усилия; ϕ – угол трения скольжения между частицами. Вполне понятно, что указанная зависимость справедлива лишь при выполнении условия

$$i < \frac{\pi}{4} - \phi.$$

На Первом конгрессе по механике скальных пород в 1966 г. группа советских ученых: М.Гольдштейн, Б.Гусев, Н.Пироговский и др. (Goldstein, a. o.,1966), а также Ф.Д. Паттон (Patton, 1970) предложили такую же зависимость для описания прочности на сдвиг по шероховатой поверхности скалы при низких нормальных напряжениях.

Очевидно, что при больших нормальных напряжениях будет происходить некоторое разрушение первоначальных неровностей и угол их будет изменяться, как это было показано выше (см. уравнение (1).

Аналогичная зависимость была предложена Н.А. Цытовичем, С.М. Уховым и И.Н. Бурлаковым на Втором конгрессе по механике скальных пород в 1970 г.

Таким образом, можно предположить, что при смещении по шероховатой трещине прочность на сдвиг будет определяться зависимостью (3), где угол i будет зависеть от величины нормального напряжения и прочности стенки трещины на раздавливание.

Используя полученную нами зависимость угла подъема неровностей скальной трещины в зависимости от приложенного нормального усилия σ, можно записать уравнение прочности на сдвиг по шероховатой поверхности скальной трещины в виде:

$$\tau = \sigma\,tg\left[i_0\left(1 - \frac{\sigma}{R_{TC}}\right)^{10} + \phi\right]. \qquad (4)$$

Угол трения ϕ определяет сопротивление сдвигу при отсутствии расширения контакта, когда поступательное движение одной части по другой происходит при постоянном напряжении τ. Определение угла трения может осуществляться как в полевых, так и в лабораторных условиях при сдвиге плашки по плашке.

Таким образом, знание методики геометрических i_0 и прочностных ϕ, R_{TC} параметров скального контакта или трещины позволяет получить характеристику прочности на сдвиг.

На рис. 2 приведены аналитические кривые, построенные для различных шероховатостей поверхностей из цементного камня при $\phi = 36^0$ и $R_{TC} = R_C = 500$ кгс/см^2, и результаты экспериментальных исследований, полученных С.Е. Могилевской (Evdokimov,

Рис. 2. Прочность на сдвиг по зубчатым трещинам из цементного камня с различными углами подъема i_0

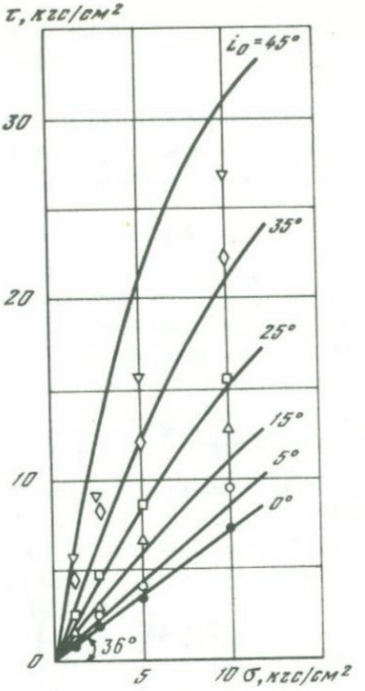
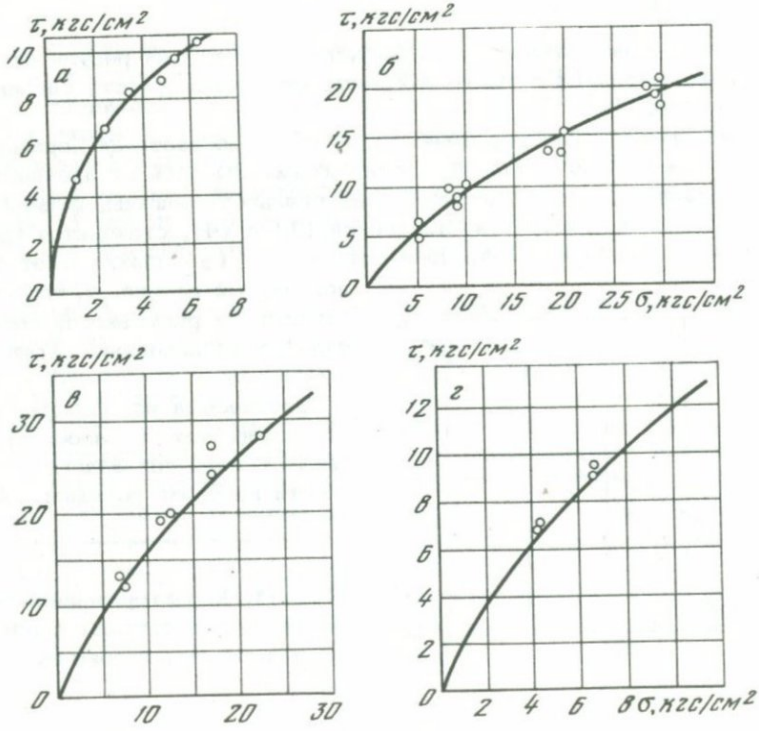


Рис. 3. Прочность на сдвиг $\tau = f(\sigma)$
а – базальты створа плотины Илья Сольтейра (Ruiz, Camargo a.o., 1968); б – известняки створа плотины Вуглан (Bernaix, 1967); в – диабазы створа Братской ГЭС (Евдокимов, Сапегин, 1964); г – граниты створа Красноярской ГЭС (Evdokimov, Sapegin, 1970)



а.о., 1970) для этих условий. Для всех углов i_0, за исключением $i_0 = 45°$, получено достаточно хорошее совпадение.

На рис. 3,*а* представлены результаты полевых исследований сопротивляемости сдвигу базальтов на створе плотины Илья Сольтейра (Бразилия) штампами площадью 2×2 м. Экспериментальная кривая хорошо описывается уравнением

$$\tau = \sigma \operatorname{tg}\left[39°\left(1 - \frac{\sigma}{75}\right)^{10} + 42{,}5°\right].$$

На рис. 3, *б* представлены результаты исследований прочности на сдвиг по трещине в известняках основания плотины Вуглан (Франция), которые с достаточной точностью могут быть описаны уравнением

$$\tau = \sigma \operatorname{tg}\left[32°\left(1 - \frac{\sigma}{210}\right)^{10} + 25°\right].$$

Аналогичным образом были обработаны результаты исследований П.Д. Евдокимова и Д.Д. Сапегина на диабазах Братской ГЭС (1964) и гранитах Красноярской ГЭС (Evdokimov, Sapegin, 1970), представленные на рис. 3, *в*, *г* и описываемые уравнениями:

$$\tau = \sigma \operatorname{tg}\left[21{,}5°\left(1 - \frac{\sigma}{200}\right)^{10} + 45°\right],$$

и

$$\tau = \sigma \operatorname{tg}\left[25°\left(1 - \frac{\sigma}{90}\right)^{10} + 42°\right].$$

Соответствие теоретических и экспериментальных результатов во всех рассмотренных случаях подтверждает правомерность сделанных предпосылок.

В заключение следует отметить, что при возрастании нормальных напряжений до значений, составляющих 30–40% от прочности на раздавливание выступов на бортах скальной трещины, влияние угла i, как это следует из уравнений (1) и (4), становится пренебрежимо малым и кривая прочности $\tau = \phi(\sigma)$ приобретает вид, показанный на рис. 4, что было отмечено в ряде экспериментальных исследований (Krsmanovic, 1970).

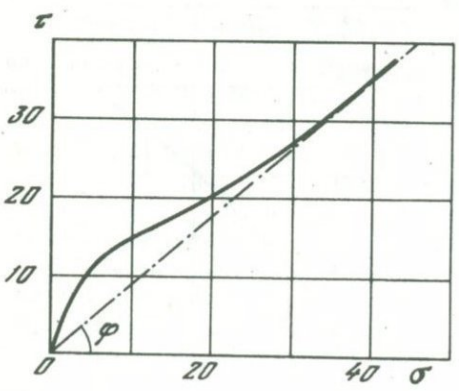


Рис. 4. Характер зависимости $\tau = f(\sigma)$ при высоких значениях нормальных напряжений σ

Это весьма важное обстоятельство, которое необходимо иметь в виду при анализе прочности на сдвиг по скальной

трещине, претерпевшей значительное выветривание или достаточно большие подвижки, а также при достаточно больших сжимающих напряжениях на рассматриваемой трещине или контакте.

ПРОЧНОСТЬ НА СДВИГ ПО ТРЕЩИНЕ С ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

Наличие в трещине того или иного заполнителя может оказать весьма существенное влияние на прочность трещины на сдвиг.

Основные определяющие факторы – наличие и количество жестких контактов, – определяемые шероховатостью бортов трещины и мощностью заполнителя, а также параметры прочности на сдвиг по материалу заполнителя.

В случае связного заполнителя, обладающего сцеплением C, уравнение прочности на сдвиг по трещине может быть записано так:

$$\tau = C + \sigma \operatorname{tg}\left[i_0 \left(1 - \frac{\sigma}{R_{\text{тс}}} \right)^{10} + \phi \right]. \qquad (5)$$

Все входящие в это уравнение параметры имеют то же смысловое значение, что и при отсутствии заполнителя, однако численные значения некоторых из них могут существенно изменяться.

Так, начальный угол подъема неровностей в направлении сдвига следует определять для потенциальной поверхности сдвига, проходящей частично по скальным выступам, частично по заполнителю.

Несмотря на то, что фактические углы подъема выступов на бортах трещины не изменились при ее раскрытии и заполнении мягким материалом, сокращение количества жестких контактов приводит к снижению среднего значения угла i_0, а при достаточно большой мощности заполнителя и выходе жестких выступов из зацепления угол i_0 становится практически равным нулю. В этом случае сдвиг будет происходить по мягкому заполнителю и уравнение (5) приобретает вид классического уравнения Кулона для мягких грунтов.

Угол ϕ, характеризующий сопротивление трения по плоским поверхностям скальной трещины, при наличии в трещине заполнителя, особенно глинистого, следует принимать равным углу внутреннего трения заполнителя.

Наличие даже незначительной глинистой промазки между скальными выступами существенно снижает сопротивление трению.

Сцепление не оказывает столь существенного влияния на прочность скальной трещины на сдвиг, а при наличии скальных контактов это влияние становится пренебрежимо малым. Его роль возрастает на конечных фазах сдвига, когда происходит скол жестких контактов и смещение осуществляется по материалу заполнителя, но в этом случае прочность на сдвиг практически уже полностью определяется прочностью заполнителя.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПРОЧНОСТИ НА СДВИГ НА ТРЕЩИНУ БОЛЬШОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ

Проблема распространения единичных локально определенных значений прочности на сдвиг на трещину большой протяженности определяется различным характером шероховатости трещины на различном протяжении (различными порядками шероховатости), что иллюстрируется примером на рис. 4. Отсюда понятно желание инженеров провести исследования прочности на сдвиг на возможно больших площадках трещин. Так, на створе Братской плотины было проведено исследование прочности на сдвиг по трещине площадью 7× 7 м, на створе плотины Жюпия на р. Парана в Бразилии испытание было осуществлено на площади 5,5 × 5,5 м, а при исследовании скального основания Красноярской плотины был осуществлен сдвиг двух целиков размером 8 ×12 м.

Однако какими бы гигантскими ни казались эти эксперименты, исследуемые площади трещин оставались весьма малыми по сравнению с площадями, вовлекаемыми в работу скальным массивом или сооружением.

Вторым существенным фактором, заставляющим искать пути перехода от малых площадей исследования к предсказанию прочности по большим площадям трещин, является высокая стоимость полевых испытаний и техническая сложность, а зачастую и невозможность их осуществления на большой площади.

Полученное аналитическое уравнение зависимости прочности на сдвиг от геометрических и прочностных параметров трещины позволяет оценить прочность на сдвиг по трещине любой протяженности.

Рассмотрим в качестве примера прочность на сдвиг для трех масштабов, изображенных на рис. 5 в виде блоков 1,2 и 3.

Блок 1. Малый образец трещины, эквивалентный испытанию на сдвиг плашки по плашке и позволяющий оценить прочность на сдвиг по плоской поверхности трещины. Величина прочности на сдвиг может быть определена по уравнению:

$$\tau = \sigma\mu = \sigma \operatorname{tg}\phi .$$

Блок 2. Прочность на сдвиг по шероховатой трещине с начальным углом подъема неровностей в направлении сдвига i_{01}. Проч-

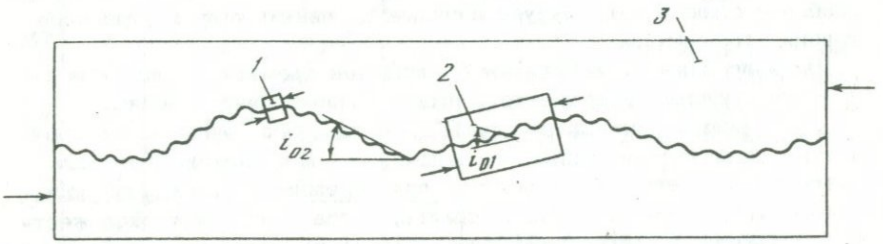


Рис. 5. Скальная трещина с шероховатостями двух различных порядков i_{01} и i_{02}

ность на сдвиг по трещине в пределах блока 2 может быть определена по уравнению (4)

$$\tau = \sigma \operatorname{tg}\left[i_{01}\left(1 - \frac{\sigma}{R_{TC1}}\right)^{10} + \phi\right],$$

где R_{TC1} – прочность на раздавливание неровностей, определяющих шероховатость в пределах блока 2.

Блок 3. Прочность на сдвиг по протяженной трещине, имеющей шероховатость, характеризуемую углом подъема неровностей (волнистости) в направлении сдвига i_{02}, обладающих прочностью на раздавливание $R_{TC2} \geqslant R_{TC1}$.

В этом случае величина прочности на сдвиг может быть по аналогии с вышесказанным определена по уравнению

$$\tau = \sigma \operatorname{tg}\left\{i_{02}\left(1 - \frac{\sigma}{R_{TC2}}\right)^{10} + i_{01}\left[1 - \frac{\sigma}{(\cos i_{02} - \operatorname{tg}\phi \cdot \sin i_{02}) R_{TC1}}\right]^{10} + \phi\right\}. \quad (6)$$

Таким образом, можно оценить прочность на сдвиг по трещине любой протяженности, для чего необходимо располагать средними углами подъема шероховатостей различных порядков, характеризующих данную трещину, а также соответствующими прочностями на раздавливание для выступов разного порядка, и характеристикой трения по стенке трещины ϕ.

Отсюда следует вывод, что прочность на сдвиг по протяженной трещине не может быть ниже прочности на сдвиг по участку трещины, если этот участок является характерным для всей рассматриваемой длины трещины и как бы многократно в ней повторяется.

Все вышеизложенные рассуждения предполагают наличие повторяемости геометрических и прочностных параметров шероховатости, поддающихся статистической обработке.

Для неоднородных по длине трещин большой протяженности, у которых шероховатость (волнистость), степень выветривания (прочность стенок) и характер заполнителя по длине существенно изменяются, необходимо оценку прочности на сдвиг выполнять дифференцированно по участкам относительной однородности.

ABSTRACT

A shear strength of rock joints forming the planes of weakness is a main factor in the analysis of rock slopes. Considering the roughness geometry, the compressive strength of joint surface asperities (effective joint wall compressive strength), and angle of friction of rock surfaces, the equation (5) for determination of rock joint shear strength is proposed, that well corresponds to existing experimental data of various authors and make it possible to forecast the shear strength of rock joints of different roughnesses and extent.

Евдокимов П.Д., Сапегин Д.Д. Прочность, сопротивляемость сдвигу и деформируемость оснований сооружений на скальных породах. М.–Л., "Энергия", 1964.

Barton N.R. A relationship between joint roughness and joint shear strength. – Rock Fracture. Sympos. ISRM, 1–8, Nancy (France), 1971.

Barton N.R. Estimation of in situ shear strength from back analysis of failed rock slopes. – Rock Fracture. Sympos. ISRM, 11–27, Nancy (France), 1971.

Bernaix J. La mesure de la résistance des roches. – Conf. Géotechnique, 4–1, Oslo, 1967.

Evdokimov P.D., Sapegin D.D. A large–scale field shear test on rock. – 2nd Congr. ISRM, Beograd, 1970.

Evdokimov P.D., Goureev A.M., Moguilevskaya S.F. Résistance au cisaillement selon les fisures dans les foundations rocheuses des ouvrages hydrauliques. – 2nd Congr. ISRM, Beograd, 1970.

Goldstein M., Goosev B., Pyrogovsky N. a. o. Investigation of mechanical properties of cracked rock. – 1st Congr. ISRM, 3–49, Lisboa, 1966.

Krsmanović D. Discussion on theme 3. Mechanical resistance of rock masses.– 2nd Congr. ISRM, 4, Beograd, 1970.

Newland P.L., Alley B.H. Volume changes in drained triaxial tests on granular materials. – Géotechnique, 1957, 7, N 1.

Patton F.D. Multiple modes of shear failure in rock. – 1st Congr. ISRM, 3–47, Lisboa, 1966.

Rengers N. Influence of surface roughness on the friction properties of rock planes. – 2nd Congr. ISRM, 1–31, Beograd, 1970.

Ruiz M.D., Camargo F.P., Midea N.F., Nieble C.M. Some considerations regarding the shear strenght of rock masses. – Internat. Sympos. on Rock Mechanics, Madrid, 1968.

Tsitovich N.A., Ukhov S.B., Burlakov V.N. Failure mechanism of a fissured rock base upon displacement of a loading plate. – 2nd Congr. ISRM, 3–13, Beograd, 1970.

И. М. БУАЧИДЗЕ, К. И. ДЖАНДЖГАВА

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА КАВКАЗСКОМ ШЕЛЬФЕ ЧЕРНОГО МОРЯ С ЦЕЛЬЮ РАЦИОНАЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ ПОБЕРЕЖЬЯ

Рациональное освоение морских побережий и континентального шельфа – важнейшая проблема охраны природы в зоне сопряжения морских водоемов с прибрежной полосой. Учитывая важность этого вопроса, отдел морской инженерной геологии Сектора гидрогеологии и инженерной геологии АН ГССР с 1964 г. совместно с рядом коллективов проводит инженерно-геологическое изучение шельфовой зоны и побережья Черного моря, позволившее получить исходные данные для осуществляемых в настоящее время схем берегоукреплений и районной планировки Черноморского курортного района.

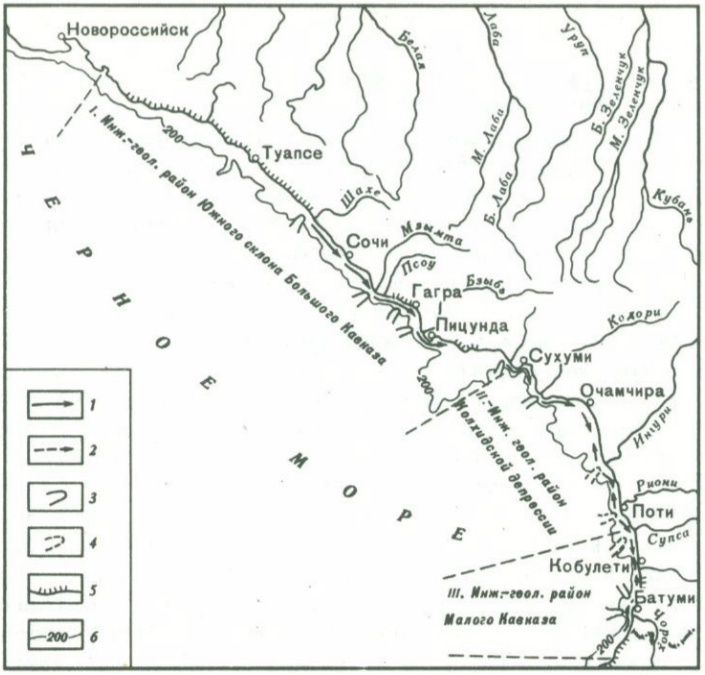


Рис. 1. Схема инженерно-геологических условий шельфа и береговой зоны Кавказского побережья Черного моря

1 – стабильные вдольбереговые потоки наносов; *2* – прерванные вдольбереговые потоки наносов; *3* – подводные каньоны эрозионно-тектонического генезиса; *4* – подводные каньоны литодинамического генезиса; *5* – абразионные клифы; *6* – изобаты

Исследования показали, что основными факторами, определяющими инженерно-геологические условия и характер современных геологических процессов на шельфе и в береговой зоне Кавказского побережья Черного моря, являются: геологическая история и неотектоника; гидродинамика и литодинамика, воздействие деятельности человека на природу. Постараемся оценить роль каждого из названных факторов и на этом фоне дать рекомендации, направленные на охрану, защиту берегов и рациональное освоение исследуемого побережья.

Геологическая история и неотектоника. Инженерно-геологические условия шельфа Черного моря в пределах Кавказа контролируются неотектоническим развитием в четвертичное время обрамляющих структур Южного склона Большого Кавказа, Западной зоны Грузинской глыбы и горно-складчатых сооружений Малого Кавказа, с которыми шельфовая зона связана единым процессом геологической истории (Буачидзе, Джанджгава и др., 1970; Буачидзе, 1972). На основе структурно-формационного принципа в пределах

шельфа и береговой зоны нами выделяются три крупных инженерно-геологических района (рис. 1).

I. Район Южного склона Большого Кавказа приурочен к геолого-структурному типу шельфа миогеосинклинальных зон и характеризуется крупными структурными блоками с дифференциальными неотектоническими движениями по системам установленных разломов на шельфе и в береговой зоне. В зависимости от направленности неотектонических движений глыбово-сводовые структуры Новороссийского синклинория, Гагрская, Гудаутская банка, Ново-Афонская и др. в период четвертичного времени, местами включая и голоцен, являлись областями смыва с маломощной седиментацией на шельфе песчано-галечных и илистых отложений мощностью от 0 до 30 м. В погружающихся же депрессиях: Адлерской, Гантиадской, Пицундской происходило накопление на шельфе мощной толщи (до 150 м) ритмичных чередований песчано-галечных и илистых слоев, по которым устанавливаются следы черноморских трансгрессий, регрессий и связанных с ними периодов переуглублений.

По данным определения абсолютного возраста, в районе Пицунды (см. таблицу) в погружающихся блоках отмечается интенсивное осадконакопление на шельфе в голоцене - 80 м за 8500 лет, со средней скоростью до 10 мм в год, в то время как в воздымающемся блоке Гудаутской банки, где средняя мощность голоцена составляет 15 м, датировки от 10480 до 770 лет указывают на малую среднюю скорость осадконакопления.

Разрывная неотектоника особо четко фиксируется на шельфе Новороссийского синклинория вплоть до верхнего плейстоцена, а некоторые сбросы, окаймляющие Черноморский грабен, датируются началом первого тысячелетия нашей эры (Островский, 1970). Нами факт разрывной тектоники, охватывающей большую часть голоцена, по данным сейсмоакустики и анализа мощностей морских скважин, установлен на шельфе мыса Пицунда (рис. 2).

По нашим данным, значительная часть подводных каньонов данного инженерно-геологического района (реки Шахе, Мзымта, Бзыбь, Гумиста, Кодори и др.) имеет эрозионно-тектоническое происхождение с колебаниями врезов 50-75 и даже 110 м (рис. 3), что объясняется их приуроченностью к разным регрессивным циклам, в основном же к новоэвксинскому времени (Буачидзе, Джанджгава и др., 1972). Самая молодая нимфейская трансгрессия, устанавливаемая на Пицунде по абсолютным датировкам древних береговых валов (1980-1665 лет), способствовала формированию современных контуров аккумулятивных морских мысов.

После нимфейской трансгрессии уровень моря вновь понизился, а в настоящее время, по данным П.В. Федорова (1959), вновь испытывает медленное повышение, а берега Северо-Западного Кавказа, по данным А.В. Живаго (1958), частью нейтральные, а частью слабопогружающиеся (до 1-2 мм в год), что в определенной степени способствует явлениям размыва, особенно усугубляемым в зонах погружающихся структурных блоков.

Результаты определения абсолютного возраста пород на шельфе Черноморского побережья Кавказа

Место взятия проб	Положение в разрезе, характеристика образца	Возраст по C^{14}	Организация
Мыс Пицунда	Скв. 1 на суше, ракуша, интервал глубины 77–80 м (ракуша)	8550±160	ВСЕГИНГЕО
	Древний береговой вал, глубина 0,55–0,70 м (ракуша)	1980±180	"
	Там же, с поверхности (ракуша)	1665±86	"
Залив Пицунда	Скв. 3 (морская), глубина моря 24,8 м, интервал 5,90–6,05 м	10480±170	Сектор АН ГССР гидрогеологии и инженерной геологии
	Скв. 10 (морская), глубина моря 38,25 м, интервал 3,5–4,0 м (ракуша)	770±135	Там же
Колхида, Имнатское болото	Торфяник, горизонт глубиной 5–6 м	2100±150	Институт геохимии АН СССР (Нейштадт, Девирц и др., 1965)
	Горизонт 11–11,5 м (торф)	5825±215	Там же
Поти, устье р. Капарча	Молодая морская терраса, глубина 0,5 м (ракуша)	690±240	Сектор АН ГССР гидрогеологии и инженерной геологии
	Там же, глубина 1,5–2 м (ракуша)	750±300	Там же
с. Григолети	Древняя морская дюна, глубина 1 м	3140±280	"
с. Уреки	Нимфейская терраса, глубина 0,5–0,9 м	1750±240	"
г.Кобулети	Торф из скважины, интервал 0,7–0,9 м	2480±300	"
	Там же, интервал 1,6–1,8 м	2640±260	"
г. Батуми	Разрез у стадиона, глубина 2 м	2840±180	"

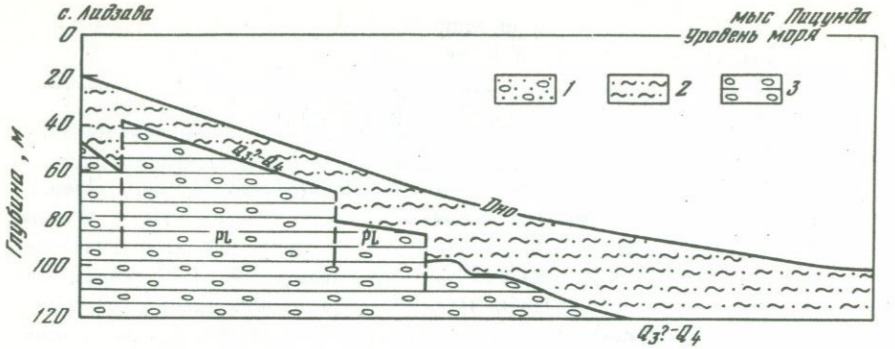


Рис. 2. Схематический разрез шельфа залива Пицунда

1 – пески и галечники современные; *2* – илы плотные с прослоями песков и галечников в плейстоцен? – голоцен ($Q_3?-Q_4$); *3* – плотносцементированные конгломераты – плиоцен

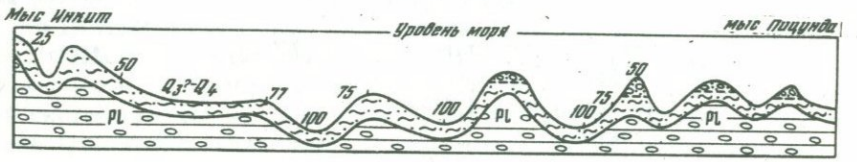


Рис. 3. Схематический вдольбереговой разрез в зоне каньонов мыса Пицунда (Инкитская бухта)

Обозначения те же, что на рис. 2

II. Район Западной зоны погружения Грузинской глыбы (Колхидская депрессия). Как показывают анализ буровых скважин и данные абсолютного возраста (по C^{14}) образцов торфа и ракуши, взятых с разных глубин (см. таблицу), Колхида в разные фазы четвертичных трансгрессий являлась шельфовой зоной. Современный шельф создан интенсивной аккумуляцией на фоне общего погружения района, продолжающегося и в настоящее время по геодезическим данным со скоростью 6 мм в год (Церетели, 1966) и способствующего общему наступанию моря на этом участке. Шельф Колхидского района характеризуется в естественных условиях аккумулятивными формами, отсутствием однонаправленных потоков наносов, каньонами, приуроченными к устьям рек Риони, Ингури и др., образованными в результате современных процессов литодинамики.

III. Район горно-складчатого сооружения Малого Кавказа является типичной эвгеосинклинальной зоной, сложенной целиком вулканогенными образованиями палеогена. Узкий и крутой шельф, ограничиваемый изобатой 100 м, в основном тектонического происхождения; приморская терраса в районе городов Батуми и Кобулети (возраст более 2400 лет), подводный каньон р. Чорох состоит из двух рукавов – северного (мыс Бурун-Табие) и южного (устье р. Чорох),

генетически увязываемых с предголоценовыми переуглублениями, как и вымерший к настоящему времени подводный каньон Кобулети (Пичвнари).

Гидродинамика и литодинамика. Формирование инженерно-геологических условий и современное развитие шельфа и береговой зоны Кавказского побережья Черного моря в значительной степени обусловлены гидродинамическими и литодинамическими процессами, выраженными в распределении твердого стока рек, процессах абразии и аккумуляции в условиях существующего ветро-волнового режима.

По данным А.П. Черняковой (1967), на долю сильных ветров в Черном море приходится 17% годового времени, при этом максимума они достигают у Новороссийска 30-40 м/с и в прибрежной зоне от Поти до Очамчира. Вызванные этими ветрами штормовые волны, по данным В.П. Зенковича (1962), достигают высоты 7 м, при длине более 100 м.

Реки Кавказа выносят в Черное море огромное количество твердого стока в виде песчано-галечных наносов - до 5 млн. т в год. Значительная часть этих наносов, распределяясь вдольбереговыми потоками наносов, питает береговую зону, включая пляж, и тем самым обеспечивает устойчивость протяженных участков побережья. Другая часть идет на истирание, сваливается на глубину и в подводные каньоны и тем самым безвозвратно теряется для береговой зоны, чем создаются дефицит наносов и связанные с ним явления размыва, потеря ценной приморской территории на ряде участков.

На Кавказском побережье Черного моря по характеру волнового поля, определяющего генеральные направления вдольбереговых потоков наносов, выделяются три промежутка:

г. Новороссийск - устье р. Ингури с движением наносов рек Мзымта, Псоу, Бзыбь, Гумиста, Кодори и др. с северо-запада на юго-восток; Колхидское побережье, где результирующее направление волновых процессов ориентировано фронтально к берегу, что исключает формирование главного направления потока наносов и обеспечивает их распространение как к северу, так и к югу от устьев рек Риони, Хоби, Ингури и др.; Аджарское побережье с генеральным направлением вдольберегового потока наносов р. Чорох и др. с юга на север.

Объем данной работы не позволяет подробно охарактеризовать динамику береговой зоны со свойственным ей развитием участков аккумуляции, динамического равновесия, размыва и абразии, что нами дано в предыдущих работах (Буачидзе, Джанджгава и др., 1970; Буачидзе, 1972; Буачидзе, Джанджгава и др., 1972).

Здесь мы постараемся в пределах выделенных инженерно-геологических районов произвести типологическое объединение входящих в них подрайонов по литодинамическому принципу, под которым понимаем ареал распространения и отложения поступающего на шельф и в береговую зону песчано-галечного материала как главным обра-

зом в виде твердого стока рек, так и за счет абразии и переформирования берегов. По этому принципу выделяются:

1) подрайоны, питающиеся протяжимыми вдольбереговыми потоками наносов, образованными за счет твердого стока мощных рек (потоки наносов с севера на юг): Шахе, Мзымта–Псоу, Бзыбь, Гумиста, Кодори, Ингури, Риони и Чорох. Для данных подрайонов характерны процессы аккумуляции в зонах устьев с образованием дельтово–морских мысов, берегов стабильных – в зонах транзита потока наносов и размыва пляжей – в зонах затухания потоков наносов или волновых теней, вызванных искусственными сооружениями в береговой зоне;

2) подрайоны абразионные (Новороссийск – Туапсе, Мюссера, Цихисдзири), где защитная полоса пляжа или вовсе отсутствует, или же характеризуется узкой лентой, созданной из материала абразии или локальным питанием в зонах устьев небольших рек.

В пределах подрайонов по характеру распределения отложений в береговой зоне и на шельфе выделяются зоны: а) свала на глубину (Гагрская антиклиналь, Сухумская бухта, Зеленый мыс); б) пульсационного режима динамики (мысы Пицунда, Кодорский и др.); в) равномерного распределения материала на участках со значительными емкостями вдольбереговых потоков наносов (участки динамического равновесия); г) оползневого переформирования берегов (Ново–Афонские, Сухумские оползни); д) подводных каньонов.

Считаем необходимым вкратце остановиться на подводных каньонах, которым некоторые исследователи отводят явно преувеличенную роль в поглощении твердого стока рек и в перехвате преобладающих емкостей вдольбереговых потоков наносов. Наши исследования показали, что большинство подводных каньонов, а вернее оврагов, Кавказского Причерноморья являются реликтами предголоценовых эрозионных врезов, и потухшие вершины их находятся на значительных глубинах и в удалении от активной части шельфа – береговой зоны и, следовательно, на ее устойчивость не влияют (например, каньоны городов Гагра и Кобулети, преобладающая часть подводных каньонов мыса Пицунда).

В то же время нами взяты гальки с глубин более 600 м, что указывает на перемещение наносов на большие глубины по тальвегам отдельных каньонов, которые отличаются современной литодинамической активностью. К таким каньонам относятся приустьевые каньоны Ингури, Риони, каньон "Акула" на Пицунде и др.

Следовательно, установление генетического типа подводного каньона особенно важно при прогнозе и оценке устойчивости береговой зоны.

Воздействие деятельности человека на природу. Сохранение и защита пляжей являются важнейшей задачей охраны природы и планомерного освоения морских побережий. Огромный размах строительства курортов, портов, берегоукрепительных сооружений на Черноморском побережье Кавказа, создание гидротехнических комплексов на реках, впадающих в Черное море, добыча песка и

гравия в руслах рек, на пляжах и подводном склоне в больших масштабах внесли серьезные коррективы в природную обстановку. В прошлом эти мероприятия осуществлялись без учета динамики береговой зоны, без научного прогноза и приводили к нарушению устойчивости морских берегов, а иногда и к катастрофическим размывам. Воздействие человека на природу в зоне морской акватории и побережья можно классифицировать следующим образом.

Изъятие инертных материалов. До 60-х годов на Кавказском побережье, по данным В.П. Зенковича (1968), изъятие пляжевых наносов для строительных целей достигало несколько сот тысяч $м^3$ ежегодно. По этим же данным, изъятие 1 млн. $м^3$ пляжевого материала равносильно уничтожению пляжа на протяжении до 30 км. Исходя из этого положения с начала 60-х годов полностью запрещены изъятия с пляжей и живых пойм рек Кавказского побережья что в определенной степени способствовало процессу стабилизации на ряде участков за последние 10-12 лет.

Строительство портов и оградительных сооружений в зоне транзита вдольбереговых потоков наносов приводит к низовым размывам берегов в ощутимых размерах (например, южнее городов Сочи, Очамчира, севернее г. Батуми), требующих значительных средств на берегоукрепления. Эти отрицательные процессы наблюдаются при строительстве береговых стен и других сооружений в активной зоне моря (в пределах пляжа), например, мыс Пицунда.

Зарегулирование речного стока приводит к резкому сокращению наносов, поступающих в береговую зону. Так, переброска р. Риони к северу от г. Поти вызвала аккумуляцию наносов севернее города и размыв южнее его, где скорость наступления моря на сушу до осуществления специальных мероприятий достигала более 10 м в год.

Проведенные за последнее десятилетие инженерно-геологические исследования позволяют сформулировать основные рекомендации, направленные на стабилизацию берегов Черноморского побережья Кавказа.

1. Исключение строительства сооружений в зонах пересечения вдольбереговых потоков наносов большой емкости.

2. В зонах врезания подводных каньонов в береговую зону наиболее эффективным явится искусственное увеличение питания пляжа песчано-галечным материалом при регулировании его распределения в обход вершин каньонов.

3. На абразионных берегах при наличии прочного основания возможно применение активных мер защиты (буны) с консервацией пляжей.

4. Пример Пицунды показывает, что при освоении побережья особое внимание следует уделять зонам с пульсационным режимом динамики, в пределах которых строительство сооружений приводит к большим деформациям.

5. При составлении проектов гидротехнических сооружений на реках необходимо учитывать компенсацию дефицита наносов на участ-

ках морских берегов, прогнозируемых как размываемые в случае зарегулирования речного стока.

6. Основой мероприятий, направленных на стабилизацию морских берегов, должны быть – сохранение естественного режима динамики береговой зоны и наращивание пляжей и морского мелководья, являющихся главными факторами берегозащиты.

7. Резкое ограничение, а на ряде участков полный запрет разработки строительных песков в устьях рек и на подводном склоне моря.

В настоящее время эти рекомендации используются в качестве инженерно-геологических положений при осуществлении схемы берегоукреплений на Черноморском побережье Грузии.

ABSTRACT

Rational development of sea coasts and continental shelf preserves a major problem of nature protection within the zone of sea basin conjugation with the seacoast. Solution of the problems of providing for coast stability at the Caucasian Blac-Sea-side during the last decade was based on planned complex engineering geological investigation of the shelf and shore. According to our observations engineering geological conditions of the Caucasian Black-Sea-coast are predetermined by a combination of natural and Anthropogenic processes. These involve geological development of structures during the neotectonic stage, recent morphogenetic and lithodynamical processes, related with complex interaction of rivers' solid runoff and wave dynamics, as well as vast scope of man's engineering activity within the areas of littoral zone and sea catchment basins.

Very important are differential neotectonic movements occuring on the shelf within the miogeosyncline zone of the Great Caucasus Southern Slope. In the environs of Novorossiisk and the Pitsunda Cape are detected tectonic faults, intersecting Holocene marine sediments and terraces. Absolute C^{14}-datings made possible estimation of the rate of sedimentation within subsided structural blocks, the latter amounting to 10 millimetres per year, on the shelf, and in uplifted areas being only 1.5 millimetres per year.

According to the same data are stated the primary stages of Late-Quaternary advances and retreats, as well as intensive subsidences of the Kolkhida depression, succeeded by general sea invasion during recent stage.

Following the river solid run-off distribution pattern on the shelf and in the littoral zone we may distinguish three regions: 1. north-west area – with general flow of sandy-pebbly drifts from NW to SE; 2. Kolkhida region – with diverse directions of detriral flows; 3. Adjara region – with S-N direction of detrital flows.

Submarine canyons are very prominent in estimation of the littoral zone stability. Herein we may distinguish the canyons cited below: 1. those of erosion-tectonic origin, related with Pre-Holocene overdeepenings and

having no bearing upon the littoral zone stability; 2. recent lithodynamical canyons with apexes, intaking sandy–pebbly detritus, this furthering coast wash–off phenomena.

Specific peculiarity of the Caucasian sea coast involves along–shore detrital flows of various competences. These flows generally determine formation of accumulative beaches, the latters presenting a natural factor of coast protection.

Anthropogenic factors disturbing natural regime of the along–shore detrital flow dynamics involve: withdrawal of sands and pebbles within river outfall areas, improper arrangement of constructions in the littoral zone and rivers' run–off correction. Combination of natural factors of the littoral zone formation with man's interference in nature conditioned development of various coasts: abrasion, washed–off, accumulative, stabilized and pulsating ones.

These genetical types of coasts predetermine the patters of arrangements aiming at stabilization of the littoral zone.

ЛИТЕРАТУРА

Буачидзе И.М. Вопросы инженерно–геологического изучения шельфа и береговой зоны Черного моря. – Сб.: Материалы симпозиума по инженерно–геологическим условиям шельфовой зоны Черного моря (г. Батуми, 1971). Тбилиси, Изд–во ГПИ им. В.И. Ленина, 1972.

Буачидзе И.М., Джанджгава К.И., Хачапуридзе Я.Ф. К вопросу инженерно–геологических условий береговой зоны Абхазии. – Тр. науч.–техн. конф. ГПИ имени В.И. Ленина, вып. 6. Тбилиси, Изд–во ГПИ им. В.И. Ленина, 1970.

Буачидзе И.М., Джанджгава К.И., Хачапуридзе Я.Ф. Некоторые вопросы геологического строения мыса Пицунда. – Сб.: Материалы симпозиума по инженерно–геологическим условиям шельфовой зоны Черного моря (г. Батуми, 1971). Тбилиси, Изд–во ГПИ им. В.И. Ленина, 1972.

Живаго А.В. Современные тектонические движения на побережьях Балтийского, Черного и Азовского морей. – Тр. Центр. науч.–исслед. ин–та геодезии, аэрофотосъемки и картографии, вып. 123. М., Геодезиздат, 1958.

Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов. М., Изд–во АН СССР, 1962.

Зенкович В.П. Проблемы динамики береговой зоны Черного моря. – Сб.: Инженерная защита берегов Черного моря. Киев, "Будивельник", 1968.

Нейштадт М.И., Девирц А.Л., Хотинский Н.А., Маркова Н.Г. Имнатское болото (Грузинская ССР). – Сб.: Палеогеография и хронология верхнего плейстоцена и голоцена по C^{14}. М., "Наука", 1965.

Островский А.Б. Палеосейсмотектонические дислокации на Черноморском побережье Кавказа в связи с оценкой современной сейсмичности этой территории. – Сб.: Комплексные исследования Черноморской впадины. М., "Наука", 1970.

Федоров П.В. О современной эпохе в геологической истории Черного моря. – Докл. АН СССР, 1959, 127, № 4.

Церетели Д.В. Плейстоценовые отложения Грузии. Тбилиси, "Мецниереба", 1966.

Чернякова А.П. Типовые поля ветра на Черном море. – Сб.: Гидрофизические и гидрохимические исследования в Черном море. М., "Наука", 1967.

Ф. В. КОТЛОВ

ГОРОД И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА, ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Учение В.И. Вернадского о ноосфере (Вернадский, 1944) получило дальнейшее развитие в трудах А.П. Виноградова (1973) и А.В.Сидоренко (1967).

Научно-техническая революция, урбанизация и агломерирование населенных мест, научно-технический прогресс в производственной и хозяйственной деятельности человека расширили ноосферу и резко активизировали распространение и развитие антропогенных геологических процессов и явлений.

Города, где сосредоточены наиболее концентрированные и многообразные воздействия человека на природную среду, стали "сгустками ноосферы", ареной развития широкого спектра антропогенных геологических процессов и явлений (Сергеев, 1973). И это не случайно, а закономерно. Города – центры индустриализации, форпосты цивилизации и все более и более становятся основной средой обитания человека.

В начале прошлого века доля городского населения на Земле составляла только 2%, теперь – 40%, в конце XX в. ожидается 60%, а в высоко индустриально развитых странах достигла в 1974 г.: в ФРГ – 85%, Англии – 80, Франции – 75, США – 70, в СССР – 60% (Урланис, Бобров, 1975).

Город специфически воздействует на природную среду, что обусловлено особенностями самого города. В городах осуществляются разнообразные виды строительства: гражданское, промышленное, горное, гидротехническое, транспортное, коммунальное и др.; ведется многоотраслевое хозяйство, осуществляются самые разнообразные виды инженерной и хозяйственной деятельности человека. С этим связано и разнообразие воздействий города на природную среду.

На схеме 1 представлена систематика автора основных видов антропогенных воздействий и изменений природной геологической среды в условиях большого города.

Урбанизация – противоречивый процесс, совмещающий ухудшение и улучшение природной среды. Градостроительство, осуществляемое в трудных природных зонах Земли (в пустынях, полупустынях, на Крайнем Севере и др.), сопровождается устранением дискомфортных условий и осуществлением мелиоративных мероприятий, направленных на улучшение природной среды (озеленение, обводнение, борьба с эоловыми, селевыми, эрозионными, оползневыми, мерзлотными и другими отрицательно действующими геологическими процессами и явлениями и т.п.). Наряду с этим города, особенно крупные и индустриальные, чаще действуют в направлении обеднения, загрязнения и ухудшения окружающей природной среды, в создании дискомфортных естественных условий: уничтожение и обеднение флоры, фауны,

Схема 1

гидрографической сети, загрязнение воздушного бассейна, гидросферы, почв, грунтов, ухудшение гидрогеологических, геодинамических условий и т.п. Дисгармония города и среды, возникновение кризисных ситуаций особенно характерно для очень крупных городов.

В развитии урбанизма действуют объективные законы, зависящие от социальных условий. В капиталистическом обществе урбанизм – неуправляемый, стихийный процесс. Плановое, целенаправленное регулирование развития городов тормозится господством частной собственности на землю и природные богатства, бесплановой структурой общества. В условиях социализма при отсутствии частной собственности на землю и природные ресурсы, при плановой системе ведения народного хозяйства урбанизация и агломерирование являются управляемыми процессами.

В градостроительной политике СССР успешно осуществляется курс на ограничение роста крупных городов, развитие малых и средних городов, укрупнение и благоустройство сельских населенных мест; осуществляется социалистическая система расселения людей с учетом рационального использования производительных сил, природных ресурсов и оптимального размещения новых городов и агломераций; реконструируются существующие города и улучшается окружающая среда в них.

Градостроительная практика в Советском Союзе подтверждает реальность этого прогрессивного курса.

Город и природа едины и взаимосвязаны.

Города мира расположились в самых разнообразных региональногеологических и зонально-климатических условий, от полюсов до экватора. Каждый город по-своему зависим от окружающей среды и по-своему изменяет природные геологические условия. Действуют двойные, в том числе обратные связи.

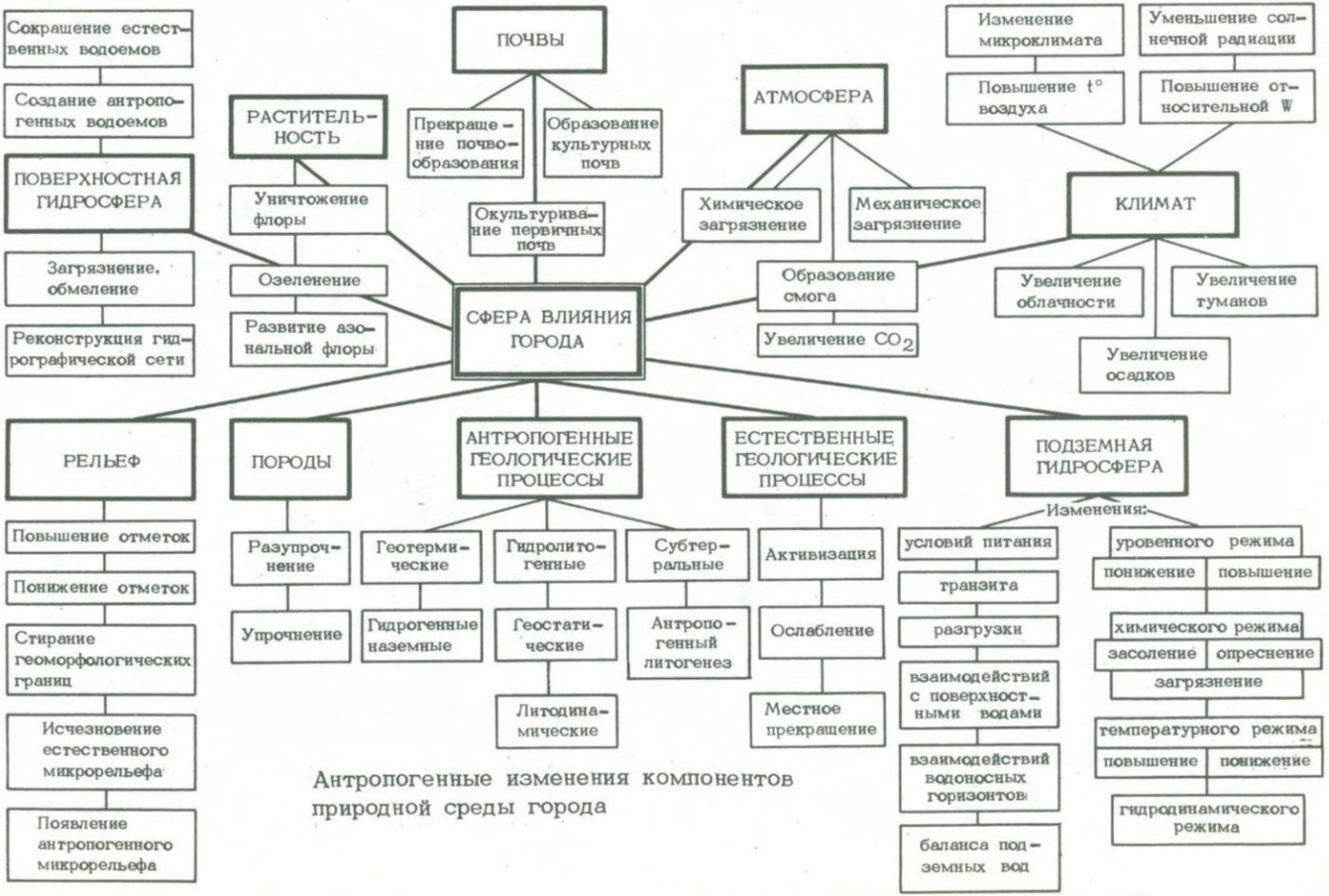
Автором, его сотрудниками и учениками на протяжении последних 35 лет выполнены инженерно-геологические исследования, в частности, изучение геодинамических процессов и антропогенных изменений инженерно-геологической среды более чем в 20 городах Советского Союза – Москве, Ленинграде, Киеве, Одессе, Баку, Архангельске, Воркуте, Ташкенте и др. Результаты выполненных исследований освещены в ряде работ, некоторые выводы освещаются в настоящей статье (Котлов, 1962; 1973а,б; Котлов, Брашнина и др., 1967).

В городах и промышленных центрах изменяются почти все компоненты природной среды, входящие в ноосферу, а именно: атмосфера, климат, поверхностная гидросфера, растительность, почвы, грунты, подземная гидросфера, современные геологические процессы и явления. Наряду с этим в результате изменений компонентов природной среды формируется широкий спектр антропогенных геологических процессов и явлений (Kotlov, 1970). Изменение одного компонента вызывает изменение других. Раскрытие взаимосвязей в динамике преобразования геосреды – сложная задача и служит научной основой для прогнозирования возникновения и развития антропогенных геологических процессов и явлений.

Ниже демонстрируется принципиальная схема 2 антропогенных изменений компонентов природной среды города, составленная автором.

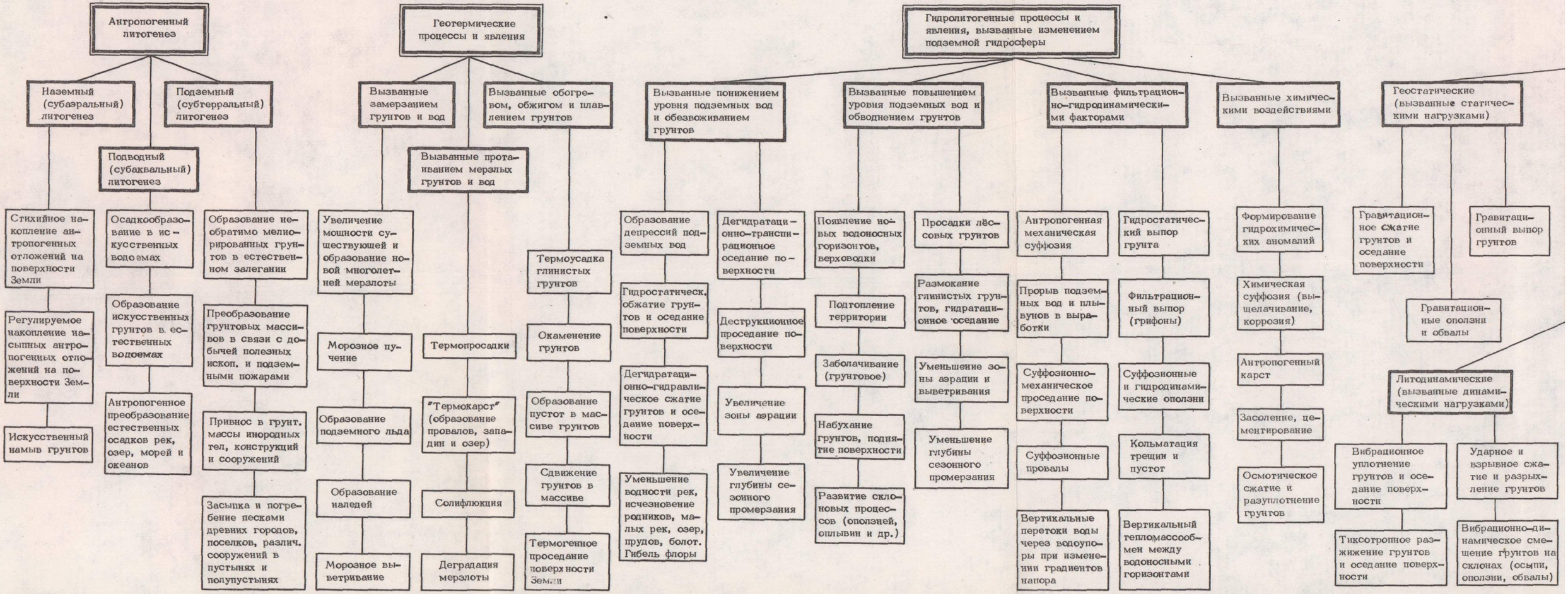
Схема показывает, в каких основных направлениях наблюдаются изменения компонентов природной среды. Изменения природной среды городов весьма разнообразны, однако наряду с большой пестротой антропогенных изменений природных обстановок и связанных с ними антропогенных геологических процессов и явлений отмечаются определенные тенденции и закономерности (Котлов, 1974, Kotlov, 1972). Они зависят от регионально-геологических, зонально-климатических условий местности, экономического профиля, исторических, архитектурно-строительных и других особенностей самих городов, причем изменения наблюдаются однозначные и неоднозначные, как

Схема 2



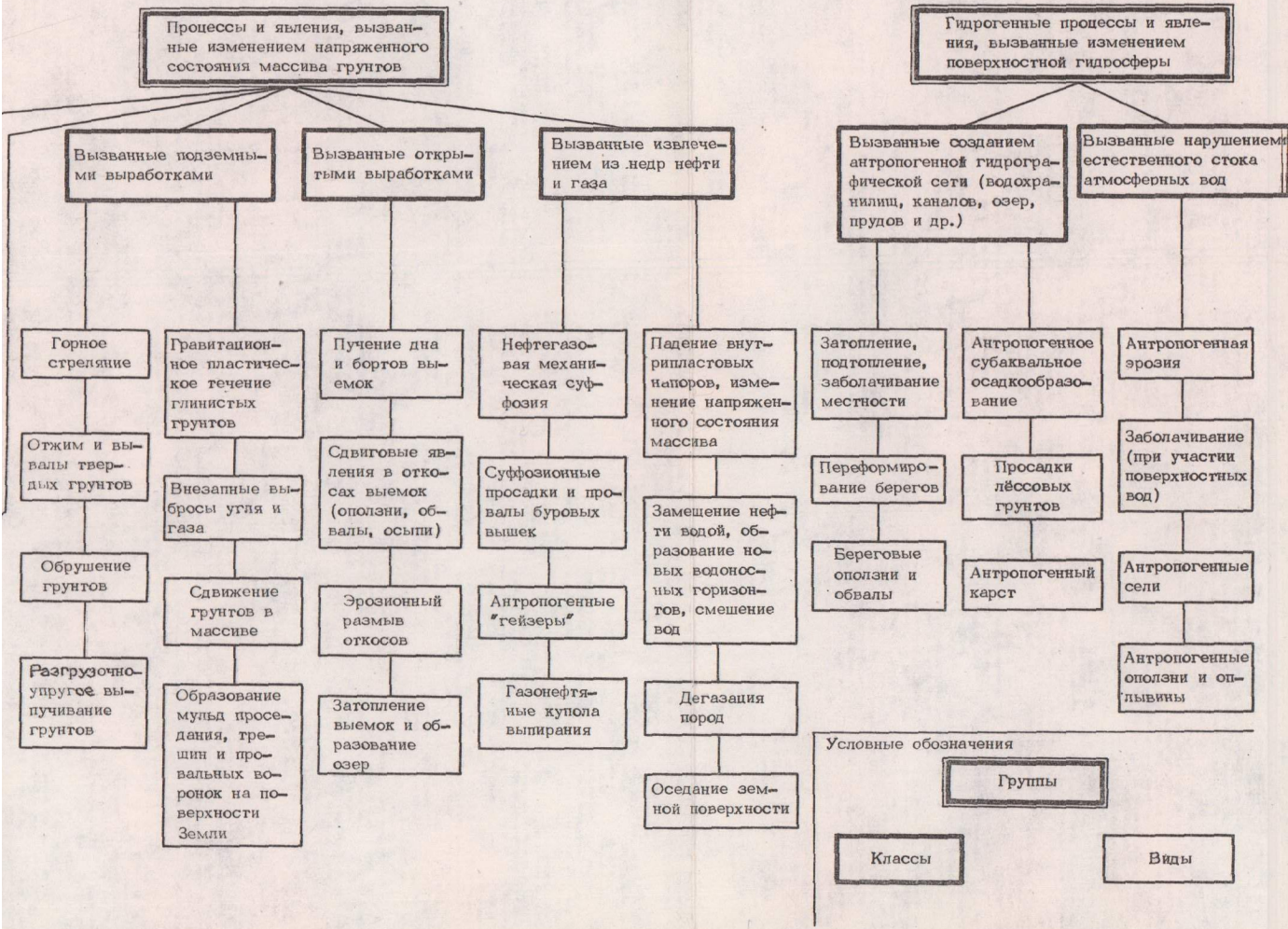
Антропогенные изменения компонентов природной среды города

Классификация антропогенных геологических процессов и явлений (Ф.В. Котлов, 1974 г.)



Зак. 967

Схема 3


Процессы и явления, вызванные изменением напряженного состояния массива грунтов
Гидрогенные процессы и явления, вызванные изменением поверхностной гидросферы
Вызванные подземными выработками
Вызванные открытыми выработками
Вызванные извлечением из недр нефти и газа
Вызванные созданием антропогенной гидрографической сети (водохранилищ, каналов, озер, прудов и др.)
Вызванные нарушением естественного стока атмосферных вод
Горное стреляние
Отжим и вывалы твердых грунтов
Обрушение грунтов
Разгрузочно-упругое выпучивание грунтов
Гравитационное пластическое течение глинистых грунтов
Внезапные выбросы угля и газа
Сдвижение грунтов в массиве
Образование мульд просадания, трещин и провальных воронок на поверхности Земли
Пучение дна и бортов выемок
Сдвиговые явления в откосах выемок (оползни, обвалы, осыпи)
Эрозионный размыв откосов
Затопление выемок и образование озер
Нефтегазовая механическая суффозия
Суффозионные просадки и провалы буровых вышек
Антропогенные "гейзеры"
Газонефтяные купола выпирания
Падение внутрипластовых напоров, изменение напряженного состояния массива
Замещение нефти водой, образование новых водоносных горизонтов, смешение вод
Дегазация пород
Оседание земной поверхности
Затопление, подтопление, заболачивание местности
Переформирование берегов
Береговые оползни и обвалы
Антропогенное субаквальное осадкообразование
Просадки лёссовых грунтов
Антропогенный карст
Антропогенная эрозия
Заболачивание (при участии поверхностных вод)
Антропогенные сели
Антропогенные оползни и оплывины
Условные обозначения
Группы
Классы
Виды

в пределах одного города, так и в зонально-региональном плане (влияние природных зон Земли).

Города оказывают большое влияние на развитие, ход и направленность геодинамических процессов. По степени их влияния на современные геологические процессы последние нами разделяются на три категории.

1. Природные геологические процессы, не испытавшие влияния деятельности человека (эндогенные и многие эндолитогенные).

2. Природно-антропогенные геологические процессы (природные геологические процессы, количественно и качественно измененные человеком).

3. Антропогенные геологические процессы, возникновение и развитие которых целиком вызвано деятельностью человека.

Природные и антропогенные геологические процессы и явления имеют общность и различие. Различаются они количественно и качественно.

Выделение трех групп процессов и явлений целесообразно, так как они различаются по условиям формирования, проявления и динамике развития, поэтому требуют дифференцированного подхода к изучению, прогнозированию и регулированию. В систематике современных геодинамических процессов антропогенные геологические процессы и явления представляют собой самостоятельную генетическую категорию (Kotlov, 1970). К сожалению, они наименее изучены, так как длительное время находились вне должного внимания геологической науки.

В городах распространены все три категории процессов, причем последние две получили наибольшее развитие. Почти все виды современных экзогенных геологических процессов в какой-то мере преобразуются и изменяются на территориях городов. Например, развитие оползней связано на 60-85% с деятельностью человека, овражкообразование - на 80-95%.

Город может усиливать, ослаблять и даже прекращать развитие отдельных геологических процессов. В ряде городов СССР в результате инженерной подготовки и благоустройства территории уже удалось полностью или почти полностью прекратить: наводнения, речную (боковую) эрозию, оврагообразование, заболачивание, развитие оползней, селей, абразии и других явлений. Однако еше многие города продолжают действовать в отрицательном направлении, в сторону активизации современных геологических процессов. Многие современные геологические процессы увеличивают непригодные городские земли, суммарная площадь которых в СССР в среднем составляет 10-15%, а в отдельных городах достигает 30-40% (Котлов, 1973б). Проблема перевода непригодных земель в категорию пригодных приобретает большое государственное значение в связи с наростающим дефицитом городских земель. Постепенно накапливаются геологические данные, характеризующие влияние крупных городов, гидроузлов, нефтепромыслов, рудников и прочего на некоторые виды эндогенных геологических процессов в направлении изменения напря-

женного состояния глубинных слоев земной коры, современных тектонических движений, сейсмичности и т.д. (Legget, 1973).

Антропогенные геологические процессы и явления дифференцируются в зависимости от видов, места и времени производственной и хозяйственной деятельности человека.

СПЕЦИФИКА АНТРОПОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГОРОДСКОГО ТИПА

Антропогенные геологические процессы и явления в городах имеют свою специфику, свои характерные черты (Kotlov, 1974). Отметим главнейшие из них.

1. Наиболее широкий спектр, что обусловлено разнообразием воздействий города на геосреду (см. схему 1).

2. Более высокая интенсивность, обусловленная тем, что города являются сгустками ноосферы, самыми активными трансформаторами природной геологической среды.

3. На территориях городов в наибольшей степени изменены гравитационное, термическое, электрическое, магнитное, сейсмическое, акустическое, гидродинамическое, геохимическое, радиоактивное и другие естественные физические поля. Изменения полей оказывают существенное влияние на экологию города, здоровье людей, развитие антропогенных геологических процессов, инженерно-геологическую среду и на практику изысканий.

4. Чем индустриальнее, крупнее и древнее город, тем интенсивнее, разнообразнее и шире распространены антропогенные геологические процессы и явления.

5. Наибольшее развитие процессов по глубине характерно для шахтных, рудничных, нефтегазопромысловых городов, где максимальная глубина внедрения человека стала достигать 2-10 км.

6. Наименьшее развитие и распространение процессов типично для малых, неиндустриальных городов административного, научного, культурного, курортного, торгового, музейного, туристического профиля.

7. На территориях городов в результате постепенного изменения природной геосреды формируются различные типы антропогенных ландшафтов.

В зависимости от функционального профиля города образовались антропогенные городские ландшафты следующих типов: горнодобывающий, индустриальные (с преобладающей специализацией металлургической, химической, легкой, машиностроительной и других видов промышленности), нефтепромысловый, гидротехнический, транспортный и т.д. Как сами города, так и их антропогенизированные ландшафты бывают однопрофильными и многопрофильными, преобладают последние.

8. Наибольшее развитие имеют процессы, связанные с антропогенными изменениями подземной, поверхностной гидросферы, рельефа и грунтов.

9. Максимальное развитие и повышенную динамичность имеют процессы в зоне многолетней мерзлоты, в горно-складчатых областях, в береговой зоне рек, озер, водохранилищ, морей и океанов.

10. Антропогенные геологические процессы и явления, как и природные геологические процессы, имеют свой возраст, время своего появления и существования. Чем древнее город, тем древнее антропогенные геологические процессы и явления, тем отчетливее и ярче они выражены. Многолетними исследованиями автора установлено исключительно большое разнообразие антропогенных геологических процессов и явлений. Они не менее разнообразны, чем природные геологические процессы и явления, и не в меньшей мере нуждаются в систематизации. На схеме 3 (вкладка) приводится разработанная автором новая (1974 г.) генетическая классификация антропогенных геологических процессов и явлений, в которой выделено 5 групп, 17 классов и 94 вида.

ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА, ХАРАКТЕР И МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ И ПРОЯВЛЕНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ

На территориях городов эти процессы характеризуются следующими основными чертами, особенностями и закономерностями своего развития:

а) по условиям распространения разделяются на точечные, очаговые, локальные (местные), линейные, крупноплощадные, региональные и глобальные;

б) по механизму действия и проявления бывают обратимыми и необратимыми, скрытыми и проявленными. Наиболее опасен недоучет скрытых и обратимых;

в) по скорости развития и проявления разделяются на медленные, средней скорости и быстродействующие;

г) при прямых (непосредственных) воздействиях процессы возникают чаще и развиваются быстрее;

д) при косвенных воздействиях появляются реже и развиваются медленнее;

е) по вертикали выделяются наземные, приповерхностные и глубинные;

ж) по характеру взаимодействия с грунтами разделяются на литогенные (связанные с грунтами – просадки, осадки, провалы, карст, оползни, пучение и пр.) и внелитогенные (непосредственно не связанные с грунтами – заболачивание, затопление, наледи, накопление твердых отходов и т.п.);

з) антропогенные геологические процессы и явления зональны, азональны и часто интразональны;

и) в зоне многолетней мерзлоты преобладают антропогенные мерзлотные явления, в горных странах – склоновые процессы, в прибрежной полосе – береговые процессы, в зоне пустынь и полупус-

тынь – дефляция, эоловые явления, разбарханивание, засоление и др.

Изучение законов взаимодействия города и геологической среды имеет большое теоретическое и народно-хозяйственное значение.

Следует помнить, что с проявлением антропогенных геологических процессов и явлений связано в среднем около 70% всех случаев деформаций, повреждений и аварий городских зданий и сооружений.

В городах сосредоточены основные материальные и культурные ценности. Особого внимания заслуживает проблема сохранения уникальных памятников истории и древней культуры. Наши исследования показали, что повреждения и разрушения их часто связаны с проявлением антропогенных геологических процессов. Например, деформация храма Василия Блаженного в Москве связана с вибрационным уплотнением песчаного основания; деформации остатков Китайгородской стены – с гниением деревяных свай, что в свою очередь обусловлено вековым понижением уровня грунтовых вод и антропогенным изменением зоны аэрации; Кирилловской церкви в Киеве (памятник архитектуры XII в.) – с разрушением подземных сооружений и т.д. (Котлов, 1962, 1967).

Инженерной геологии принадлежит большая роль в почетном деле сохранения выдающихся памятников истории, которые главным образом и сосредоточены в городах.

Наибольший ущерб народному хозяйству СССР наносят: а) антропогенные мерзлотно-геологические процессы и явления в зоне многолетней мерзлоты, б) явления просадок лёссовых грунтов, в) подтопление городских территорий, в) субтерральные процессы на подрабатываемых территориях и г) антропогенные склоновые явления (оврагообразование, оползни, обвалы, осыпи, сели, абразия и др.). Убытки в масштабе страны исчисляются многими миллиардами рублей. Одно это должно приковать внимание к антропогенным геологическим процессам и явлениям.

Инженерам-геологам следует принять участие в разработке автоматизированных систем управления качеством окружающей инженерно-геологической среды, включиться в реализацию предложений и рекомендаций Всесоюзного научно-технического совещания по прогнозам преобразования окружающей человека городской среды, которое проходило в 1972 г. в г. Москве и Международной конференции ООН по окружающей среде, происходившей 5-16 июня 1972 г. в г. Стокгольме, где было принято 109 различных рекомендаций по охране и улучшению окружающей среды, которые нужно проводить на международном уровне.

Нужно повысить внимание к математическому и физическому моделированию антропогенных геологических процессов. В зарубежной практике, в частности в США (Forrester, 1969), стали моделировать ретроспективное и перспективное развитие города в целом, применяя имитационные математические модели с использованием

ЭВМ. Город рассматривается как единая динамичная система, состоящая из комплекса подсистем, в этом состоит сущность имитационного моделирования. Разрабатываются частные математические модели. Например, модель размера города, модель оптимального размещения зданий и др. Математическому имитационному моделированию следует придать инженерно-геологическое направление, особенно моделированию изменений окружающей геологической среды.

Современное проектирование и строительство городов испытывает большую потребность в прогнозировании антропогенных изменений инженерно-геологической среды. Инженерная геология, гидрогеология, мерзлотоведение и механика грунтов располагают теорией и методикой прогнозов, но преимущественно частных прогнозов, касающихся взаимодействия отдельно взятого сооружения с грунтами основания.

Прогнозы антропогенных геологических процессов крупноплощадного, регионального и глобального плана, вековые и долгосрочные прогнозы, комплексные прогнозы, синтезирующие антропогенные изменения всех взаимосвязанных компонентов окружающей среды, ждут теоретического, методического и практического обоснования и соответствующей разработки.

Современная наука немыслима без прогнозирования. В последнее время в ряде крупных городов СССР стали разрабатываться АСУ – автоматизированные системы управления городским хозяйством. В разработке АСУ Москвы участвует несколько НИИ, вузов и проектно-изыскательских организаций.

Инженерная геология и гидрогеология не должны стоять в стороне от решения проблемы научного управления развитием наших городов.

Необходимо расширить фронт теоретических, методических и региональных исследований проблем антропогенной инженерной геодинамики.

Дальнейшее усовершенствование теории, методики изучения и прогноза и разработка научных основ управления антропогенными геологическими процессами должны явиться одним из генеральных направлений и важнейшей задачей геологической науки и в особенности инженерной геологии.

ABSTRACT

Cities and nature are united and interconnected. Recently a process of urbanization and agglomerating of a city has become an active transformer of geological environment and a coagulate of noosphere. Interworking of "a city and geological environment" incorporates double and feedback communication. A city depends on natural environment and at the same time it changes the main environmental components existing in the noosphere.

The author shows directions of antropogene transformations of geological environment, specific features of antropogene urban-type geological processes and how these processes differ from natural ones resulting from peculiarities of the cities, which present very complicated social unities.

The author deals with different antropogene geological processes, gives their new classification, separating 7 groups, 17 categories and 94 types. He reveals physical nature, agent of action and developing of antropogene geological processes and phenomena at the territories of cities; he indicates their theoretical and practical importance for buiding of cities.

ЛИТЕРАТУРА

Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере. – Успехи современной биологии, 1944, XVIII, вып. 2.

Виноградов А.П. Технический прогресс и защита биосферы. – Коммунист, 1973, № 11.

Котлов Ф.В. Изменения природных условий территории Москвы под влиянием деятельности человека и их инженерно-геологическое значение. М., Изд-во АН СССР, 1962.

Котлов Ф.В., Брашнина И.А., Сипягина И.К. Город и геологические процессы. М., "Наука", 1967.

Котлов Ф.В. Градостроительные проблемы инженерной геологии и гидрогеологии. = Сб.: Влияние инженерно-геологических и гидрогеологических условий на градостроительство. М., Гидрометеоиздат, 1973а,с. 3.

Котлов Ф.В. Проблемы инженерной геологии в связи с градостроительством. – Сб.: Инженерная геология и градостроительство. Изд-во МГУ, 1973б,с. 23.

Котлов Ф.В. Изменения природной геологической среды на территории городов и промышленных центров. – Сб.: Рациональное использование земной коры. М., "Недра", 1974, с. 27.

Сергеев Е.М. Инженерная геология и градостроительство. – Сб.: Инженерная геология и градостроительство. Изд-во МГУ, 1973, с. 11.

Сидоренко А.В. Человек, техника, земля. М., "Недра", 1967.

Урланис Б., Бобров Б. Живут люди на земле (демографический взрыв).– Сб.: Человек и природа, вып. 5, М., "Знание", 1975, с. 71.

Kotlov F.V. Antropogeneous geological processes and phenomena. – Ist Internat. Congr. IAEG. Paris, 8–11 Sept.,1970, 1, p. 141.

Kotlov F.V. Modifications in the geological environment resulting from growth of cities. – Internat. Geol. Congr. 24 Sess. Canada, 1972. Sympos. 1, Earth Sci. and Quality of Life, Montreal, 1972, p. 36.

Kotlov F.V. Modern problems of enginneering geology in connection with the construction and reconstruction of cities. – Proc. 2nd Internat. Congr. IAEG, San Paulo, 1974, 1, Brazil.

Legget R.F. Cities and geology. N.J., 1973, p. 624.

Forrester Jay W. Urban dynamics. Cambridge, London, M.I.T. Press, 1969.

М. С. ЗАХАРОВ, В. Н. КРЫЛОВ, А. В. КУЗЬМИН,
О. В. БОРОВИК, Р. А. МИКШИС

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ ГОРОДОВ

(некоторые типичные проблемы городских территорий Северо-Запада СССР)

В настоящее время развитие крупных, исторически сложившихся городов определяется в основном социально-экономическими факторами. При этом наиболее успешное решение строительных задач связано с необходимостью максимального учета инженерно-геологических особенностей городских территорий.

Города Северо-Запада Русской платформы – Ленинград, Рига, Таллин, Вильнюс, Архангельск, Псков, Новгород, Петрозаводск – обладают целым рядом специфических черт, которые формируют комплекс инженерно-геологических проблем, типичных для многих крупных европейских городов, приуроченных к области покровных плейстоценовых оледенений и прибрежной полосе послеледниковых озерных и морских бассейнов.

Эти города расположены на сравнительно низких гипсометрических отметках, занимают прибрежную часть акваторий Балтийского и Белого морей, Онежского, Псковского озер, Ильмень-озера, а также берега и дельты рек Невы, Северной Двины, Западной Двины, Нериса. Данные города интенсивно растут вширь, но возможности роста ограничены соображениями сохранения и улучшения окружающей "зеленой" пригородной зоны. Значительным резервом остается прибрежная полоса, которая может быть освоена путем создания искусственных территорий либо строительством на минеральном дне акваторий.

Рост многих городов в высоту до последнего времени значительно сдерживался низкой несущей способностью развитых здесь пород, а подземное строительство – поиском и обоснованием опорных горизонтов, могущих служить надежной геологической средой.

В тектоническом отношении территории указанных городов сформированы в новейшее время и представляют собой денудационно-аккумулятивные поверхности выравнивания дочетвертичных пород Русской платформы. Гипсометрия и степень расчленения поверхности выравнивания, состав и состояние (трещиноватость, выветрелость, закарстованность) слагающих ее пород являются важнейшими факторами инженерно-геологической обстановки. Они определяют состав и мощность чехла четвертичных отложений, направленность и результаты эрозионных, абразионных и аккумулятивных поздне- и послеледниковых процессов, формирующих современный рельеф.

Четвертичные отложения распределены по четырем уровням аккумуляции, достаточно четко обособленным в пространстве. Они отличаются прежде всего составом и свойствами слагающих их пород, что в свою очередь обусловливает существенные различия в мето-

дике инженерно-геологических исследований для обоснования проектирования и строительства сооружений.

Нижний уровень – это абразионно-аккумулятивные равнины, сформированные в неоплейстоцене и голоцене вдоль побережий Балтики, Белого моря и крупных озер тектонического происхождения. Несколько выше располагаются неоплейстоценовые озерно-ледниковые равнины, занимая основную часть перигляциальной зоны последнего оледенения. Еще более высокое положение имеют моренные равнины и зандровые поля. Первые из них примыкают с проксимальной, вторые – с дистальной стороны к конечноморенным грядам, составляющим ядро современного комплексно-зонального строения территории Северо-Запада Русской платформы (Можаев, 1973). Названные территории обособляются настолько четко, что их инженерно-геологическая специализация не требует особого доказательства.

Из указанных региональных закономерностей вытекают основные задачи и проблемы инженерной геологии крупных городов.

Для городских территорий Северо-Запада можно выделить несколько типов геологических разрезов, отличающихся инженерно-геологическими условиями строительства и методами их исследований.

I тип – приповерхностное залегание скальных и полускальных дочетвертичных пород, перекрытых чехлом преимущественно ледниковых образований неоплейстоцена. Данный тип разреза широко распространен в пределах Балтийского щита и Ордовикского плато.

Четвертичный покров мощностью от 3–5 до 15–20 м представлен в основном моренными суглинками и супесями, реже глинами и песками; содержание в них крупнообломочного материала изменяется от 10 до 40–50%. Эти породы обладают высокой естественной уплотненностью (пористость 22–30%), умеренной влажностью (в среднем 9–15%), устойчивой консистенцией, слабой сжимаемостью (модуль общей деформации 400–700 кгс/см^2), повышенным сопротивлением сдвигу (коэффициент внутреннего трения 0,45–0,60, сцепление 0,4–0,8 кгс/см^2). Суглинки и глины находятся в состоянии полного водонасыщения; к песчано-супесчаным разностям приурочен горизонт грунтовых вод с невысокой водообильностью. Подземные воды, как правило, не агрессивны по отношению к бетону, реже обладают углекислой или выщелачивающей агрессивностью.

Для I типа разрезов по характеру подстилающих коренных пород могут быть выделены два подтипа – Iа и Iб.

Iа – дочетвертичные образования представлены скальными породами архея – протерозоя, имеющими высокую прочность (временное сопротивление сжатию 1500–2000 кгс/см^2 и более) и устойчивость. В верхней зоне мощностью 1–3 м они иногда сильнотрещиноваты, реже доведены процессами выветривания до состояния дресвы, щебня и крупных глыб. Трещиноватая зона может быть обводнена, образуя единый водоносный горизонт с перекрывающими четвертичными отложениями.

Iб – дочетвертичные образования представлены скальными и полускальными карбонатными породами, которые в верхней зоне мощ-

ностью 2–5 м и более могут быть закарстованы, сильнотрещиноваты, изменены и раздроблены до состояния щебня, дресвы и "известковой муки". Прочность пород здесь понижена, нередко они морозо- и водонеустойчивы. Карбонатные толщи в верхней части, как правило, содержат безнапорные грунтовые воды, а в нижней к ним приурочены напорные водоносные горизонты трещинно-пластового или трещинно-карстового типа, обладающие высокими дебитами. Подземные воды иногда обладают углекислой агрессивностью.

Инженерно-геологическую специализацию территорий развития I типа разрезов определяют следующие моменты: 1) относительная простота геологического строения – 2–3 однородных слоя; 2) неровность рельефа кровли коренных пород и изменчивые мощность и состояние коры выветривания; 3) для подтипа Iб следует учитывать возможность влияния на возведение сооружений закарстованности и измененности пород. Как правило, закарстованность подстилающих пород для поверхностного строительства приходится учитывать при мощности четвертичного чехла менее 10 м; 4) склонность ледниковых образований к размоканию и пучению, а также резкое ухудшение их строительных качеств при нарушении естественного сложения и одновременном увлажнении; 5) значительное содержание крупных валунов (негабаритов) в моренных отложениях; 6) возможная агрессивность подземных вод, вскрытие глубокими котлованами и подземными выработками высокодебитных напорных карстовых вод.

В целом условия массового строительства для данного типа разрезов следует признать благоприятными. Эта оценка подтверждается опытом строительства на естественных основаниях и применением в широком масштабе сборных ленточных сплошных или прерывистых фундаментов.

II тип – сложное переслаивание различных петрографических типов четвертичных отложений большой и изменчивой мощности. Данный тип разреза широко представлен в пределах всех ступеней выравнивания поверхности дочетвертичных пород, на участках развития крупных и глубоких эрозионных врезов в толщу коренных пород. Практически они вскрыты на территории всех крупных городов Северо-Запада и значительно осложняют как поверхностное, так и подземное строительство.

Подобные разрезы отмечены и в пределах некоторых конечноморенных гряд, расположенных на месте обширных и относительно неглубоких понижений в кровле коренных пород.

Эти понижения и впадины заполнены мощной толщей, включающей несколько моренных и межморенных горизонтов различных оледенений плейстоцена, краевых образований последнего оледенения, флювиогляциальных, лимногляциальных, а также древних и современных аллювиальных отложений. Разрез осложняется наличием горизонтов торфа, заторфованных пород и антропогенных образований. Мощность четвертичных отложений от 40 до 160 м. По петрографическому составу это разнообразные глинистые, гравийно-галечные и песчаные (от крупнозернистых до тонкозернистых) разности.

Породы обладают различной естественной уплотненностью, зависящей от их возраста, способа и условий образования. Так, пески характеризуются в основном средней, реже высокой относительной плотностью сложения (коэффициенты пористости 0,55–0,75) наряду с малой в современных аллювиальных отложениях; повышенной, но разнообразной прочностью (коэффициент внутреннего трения от 0,65 до 0,90 при сцеплении 0,05–0,20 кгс/см^2); невысокой сжимаемостью (модуль общей деформации от 200 до 400 кгс/см^2). Глинистым породам свойственна обычно устойчивая консистенция, средняя естественная уплотненность. Наиболее слабыми, со строительной точки зрения, являются породы аллювиального генезиса (модуль общей деформации обычно менее 100 кгс/см^2).

Гидрогеологические условия характеризуются наличием нескольких горизонтов грунтовых вод: водоносность пород весьма пестрая. По химическому составу подземных вод выявляются участки с локальной сульфатной, углекислой и выщелачивающей агрессивностью их по отношению к бетону.

Инженерно-геологическую специализацию территорий развития II типа разрезов определяют следующие моменты: 1) значительная сложность геологического разреза – от 3–5 до 10–15 слоев; 2) изменчивая мощность (линзообразное залегание, латеральные замещения и переходы); 3) наличие заторфованных слоев и погребенного торфа; 4) значительные изменения физико-механических свойств как толщи в целом, так и в пределах одного слоя; 5) широкое развитие современных геологических процессов: оврагообразования, речной эрозии, суффозии, заболачивания, эоловых процессов, осыпей, сплывов и оползней. Эти процессы в пределах городских территорий могут быть значительно активизированы воздействием антропогенного характера; 6) пестрая водообильность и водопроницаемость пород четвертичного комплекса; наличие напорных межморенных горизонтов, содержащих в ряде случаев воды повышенной минерализации и специфического состава.

В целом инженерно-геологические условия строительства в пределах территорий развития разрезов данного типа изменяются от простых до сложных, вызывающих удорожание подготовительных инженерных мероприятий, требующих применения специальных методов строительства и сложных типов фундаментов.

III тип – значительные по мощности песчано-глинистые породы, слабые в строительном отношении, при глубоком залегании прочных и устойчивых отложений.

Это наиболее типичный разрез морских и озерно-ледниковых равнин, сформированный процессами поздне-послеледниковой морской или континентальной аккумуляции. Мощность слабых водонасыщенных песчано-глинистых пород достигает 20–50 м. Они характеризуются повышенной пылеватостью и содержанием рассеянной органики, неустойчивой консистенцией, высокими значениями влажности (до 40–80% и более) и пористости (40–60%), сильной и неравномерной сжимаемостью (модуль общей деформации менее 50 кгс/см^2); проч-

ность их невысока (коэффициент внутреннего трения 0,10–0,15, при сцеплении 0,10–0,15 кгс/см^2). Среди песчаных отложений часто встречаются тонкозернистые разности, весьма чувствительные к динамическим воздействиям, обладающие тиксотропными и плывунными свойствами. Периоды континентального развития разрезов подобного типа отмечаются горизонтами торфов и заторфованных пород.

В основании толщи слабых отложений на значительной глубине залегают глинистые уплотненные породы, находящиеся на более высокой стадии литификации. Это морские межледниковые неоплейстоценовые отложения (модуль общей деформации 200–500 кгс/см^2, коэффициент внутреннего трения 0,25–0,40, сцепление 1 кгс/см^2), испытавшие уплотняющее воздействие последнего ледникового покрова, или его основные моренные образования (модуль общей деформации 100–300 кгс/см^2, коэффициент внутреннего трения 0,20–0,45, сцепление 0,5 кгс/см^2). К этому ряду примыкают и дочетвертичные глинистые породы, например, верхнепротерозойские и нижнекембрийские глины. Названные глинистые породы обладают устойчивой консистенцией, повышенной плотностью; их деформируемость низкая (модуль общей деформации 900–6700 кгс/см^2), а прочность значительна (коэффициент внутреннего трения 0,45–0,55, при сцеплении 1–2 кгс/см^2).

К разрезам данного типа приурочен горизонт грунтовых вод малой водообильности с близким залеганием уровня к дневной поверхности. Подземные воды могут обладать различными видами агрессивности, отличаться повышенной минерализацией (часто за счет подтока морских вод). Сами водовмещающие породы, особенно ленточные и слоистые разности, характеризуются резкой фильтрационной анизотропией.

Отмеченные специфические черты разрезов III типа определяют инженерно-геологическую специализацию и обособленность территорий их развития: 1) выдержанный и значительный по мощности монотонный разрез водонасыщенных песчано-глинистых пород, относящихся со строительной точки зрения к категории слабых (число отдельных петрографических слоев при этом может быть достаточно велико); 2) наличие рассеянной органики, заторфованных слоев и погребенных торфов; 3) относительная выдержанность физико-механических свойств толщи в целом; 4) широкое развитие таких неблагоприятных геологических процессов, как периодические затопления, подтопления и заболачивания, подмыв берегов, оползание, суффозия и др.; 5) неглубокое залегание грунтовых вод и их агрессивность по отношению к бетону.

Инженерно-геологические условия при перечисленных особенностях геологического разреза следует признать сложными и неблагоприятными во всех отношениях. Инженерная подготовка территории должна быть насыщена различными мероприятиями (осушение, подсыпка, выторфовывание и т.д.); использование естественных оснований ограничено низкой несущей способностью отложений (0,5–1,0 кгс/см^2). Обеспечение высоких темпов и надежности строитель-

ства связано с массовым применением свайных фундаментов различных типов.

Типизация геологических разрезов в границах генерального плана развития города может быть осуществлена путем выполнения инженерно-геологической съемки крупных масштабов – от 1:25 000 до 1:5 000, с использованием всей ранее накопленной инженерно-геологической информации. Особое место занимает анализ опыта строительства и эксплуатации различных зданий и сооружений. Типизация находит отражение прежде всего на инженерно-геологических картах. Для названных масштабов представляется целесообразным составление альбома карт, где основная инженерно-геологическая карта отражает пространственное расположение пород различных групп и подгрупп по инженерно-геологической классификации (Ломтадзе, 1971), причем положение опорных горизонтов, залегающих под первым от поверхности слоем, следует отображать в изолиниях (изобатах) цветом, соответствующим классификационной принадлежности пород (Боровик, Захаров, 1974).

На наш взгляд, следует избегать составления многослойных карт (Sanegouand, 1972; Matula, 1974), являющихся громоздким и неудобным для практического использования документом.

Типизация городских территорий может стать эффективным инструментом в планировании растущих и постоянно реконструируемых городов.

Разработка представлений о типах геологических разрезов и их дальнейшая детализация могут служить основой для инженерно-геологического районирования территории по условиям массового промышленного и гражданского строительства. Разработка автоматизированных систем (АС) сбора, накопления и обработки инженерно-геологической информации должна производиться применительно к выделенным в типизации геологическим разрезам.

Такая система должна содержать: 1) комплекс общих и специальных инженерно-геологических карт; 2) массивы перфокарт для ручной или машинной обработки (или другой носитель массовой информации), содержащие исходные данные по составу, физико-механическим свойствам горных пород, условиям их обводнения, данные по развитию геологических и техногенных процессов, данные по деформациям строящихся и эксплуатируемых сооружений; 3) результаты обобщающих исследований в виде нормативных показателей физико-механическим свойств, корреляционных связей между показателями состава, состояния и свойств пород и др.

Каждая из названных составных частей АС будет иметь свою специфику в условиях отдельных типов инженерно-геологических разрезов. Появляется возможность внедрения нормативных показателей физико-механических свойств пород, разработанных не вообще для данного геолого-генетического типа пород, а в зависимости от условий залегания, обводнения и взаимоотношений с другими породами, т.е. в зависимости от условий формирования и развития данного типа разреза.

ABSTRACT

The engineering–geological conditions of some cities at the North–West of the USSR is considered and proved that the successfull decision of various problems of urban planning, designing and construction is based upon the engineering–geological analysis and generalization of regional and local factors. These generalizations are fruitful as relative to basis and choice of varieties of investigations as the methods of their carrying out.

The typization of geological sections is the base of generalizations that permites to consider and connect the origin, the conditions of laying, the composition, the watering and the phisico–mechanical properties of soils. Three principal types of geological Sections are distinguished and their engineering–geological specialization is based with calculation of the experience of economy mastering. The question of creation the automatic systems of the engineering–geological information are discussed for urban planning.

ЛИТЕРАТУРА

Боровик О.В., Захаров М.С. Опыт инженерно–геологического картирования и районирования городских территорий Северо–Запада Европейской части СССР. М., ВИНИТИ, деп. рукоп. № 3255–74, 23. XII 1974.

Ломтадзе В.Д. Методика составления инженерно–геологических карт и задачи инженерно–геологического районирования. – Записки Ленинградского горного ин–та, 1971, 62, вып. 2.

Можаев Б.Н. Новейшая тектоника Северо–Запада Русской платформы. Л., "Недра", 1973.

Matula M. Engineering geology in country and urban planning. – Proc. 2nd Internat. Congr. IAEG, San Paulo, 1974, 1, Brazil.

Sanegouand R. La cartographie géothecnique en France. Paris, Girmin–Didot, 1972.

Г. В. ДЖАПАРИДЗЕ, Д. В. ЧХЕИДЗЕ, Г. А. ЧИКОВАНИ

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ВОПРОСЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В Г. ТБИЛИСИ

За последние годы в нашей стране достигнуты значительные успехи в градостроительстве. Характерной чертой каждого современного города является возросший темп урбанизации, выражающийся в освоении новых территорий для застройки, реконструкции старых районов и в использовании всех средств для рационального распределения пригодных для строительства площадей. Эти вопросы, требующие всестороннего учета природных и экономических факторов, решают-

ся для отдельных городов различно. Во многих крупных, особенно древних городах, облик которых формировался веками, перестройка связана с определенными трудностями, возрастающими по степени сложности геологических и геоморфологических условий.

Столица Грузинской ССР, г. Тбилиси, относится к числу именно таких городов. Являясь одним из древнейших городов Закавказья, он имеет более чем 15-вековую историю. Несмотря на свою древность, современный его облик четко обрисован многочисленными новыми зданиями и сооружениями, причем современность органически переплетается с архитектурой древних памятников культуры.

Город Тбилиси расположен в пересеченной горной области, в зоне среднего течения р. Кура. Основные орографические черты территории связаны с северо-восточным окончанием Триалетского хребта, существенного звена горной системы Малого Кавказа. Город занимает глубокую котловину, рельеф которой сформировался эрозионно-аккумулятивной деятельностью р. Кура и ее притоков. Река пересекает котловину в широтном направлении, правобережная часть котловины является приподнятой и характеризуется чередованием возвышенностей и депрессий. Рельеф левобережья более сглаженный и обработанный эрозионной деятельностью реки, здесь наиболее полно сохранились речные террасы, тогда как на правом берегу отдельные их фрагменты разобщены глубокими боковыми оврагами. Всего в пределах города насчитывается пять террас, самая древняя из которых приподнята над современным руслом реки на 280-300 м.

В геологическом строении территории города и его окрестностей участвуют отложения палеогена, представленные осадочно-флишевыми и вулканогенными породами, которые на значительной площади перекрыты мощным чехлом четвертичных образований. Из-за сильной расчлененности рельефа, особенно в правобережной части города, коренные породы хорошо обнажаются на склонах хребтов и возвышенностей, на террасовых уступах, в многочисленных оврагах и ущельях притоков р. Кура. Литологически они представлены верхнеэоценовыми туфогенными, мелкозернистыми песчаниками, аргиллитами, мергелями и сланцеватыми глинами. Отложения среднего эоцена включают вулканогенные туфопесчаники, внутриформационные покровы андезито-базальтового состава и их обломки, сцементированные туфогенным материалом. К этим отложениям приурочены термальные серные источники.

Большая часть территории города покрыта четвертичными аллювиальными, пролювиально-делювиальными, озерными и озерно-болотными отложениями. Местами мощность четвертичных отложений превышает 50 м. Они залегают на эрозионно размытой поверхности коренных пород. Большим распространением пользуются и наносные отложения так называемого "культурного слоя".

Инженерно-геологические условия территории г. Тбилиси и прилегающих районов определяются разнообразием грунтов, служащих основанием сооружений, в сочетании с рельефными условиями. Этим обусловлено резкое различие степени пригодности грунтового осно-

вания на сравнительно небольших площадях, что требует особо детальной оценки инженерно-геологических условий.

В Грузинском политехническом институте им. В.И. Ленина ведутся работы по детальному изучению инженерно-геологической обстановки на территории города и прилегающих площадей. Значительная часть этих работ, проводившаяся в пределах территории "Большого Тбилиси" по перспективному плану развития и реконструкции города, уже выполнена. Дана количественная оценка и прогноз антропогенных изменений природной среды: грунтов, рельефа подземных вод, современных геологических процессов как плавных компонентов, определяющих инженерно-геологические условия строительства. На основе этих работ, а также сбора и анализа обширного материала многолетних изысканий, проводимых другими организациями, разработана обоснованная схема для оценки инженерно-геологических условий и составлена крупномасштабная инженерно-геологическая карта в пределах границ перспективного развития города, методическая основа которой подготовлена с учетом характерных для изученной территории природно-геологических и геоморфологических факторов, в значительной степени определяющих условия наземного и подземного строительства. При оценке степени пригодности территории для строительства учитывались:

1) интенсивная расчлененность рельефа, в том числе и погребенного рельефа. Распространение в пределах города крутых склонов и карнизов, ограничивающих ведение строительных и реконструкционных работ и являющихся потенциально возможными очагами склоновых гравитационных процессов: оползней, обвалов, осыпей и др.;

2) значительный привнос твердого стока в период снеготаяния или ливневых дождей многочисленными действующими оврагами, создающими трудноиспользуемые или вообще непригодные участки для строительства;

3) пестрота и разнообразие вещественного состава, мощности и условий распространения четвертичных покровных отложений, определяющие качественные различия грунтов основания;

4) высокие уровни стояния грунтовых вод в замкнутых депрессиях, их повышенная минерализация, агрессивность, резкие колебания уровня. Наличие нескольких озер и крупного искусственного водоема, которые могут стать причиной обводнения и деформации прилегающих склонов;

5) повышенное содержание легкорастворимых солей как в породах коренной основы, так и в покровных отложениях;

6) интенсивная тектоническая расчлененность и смятость коренных пород, их трещиноватость и склонность к быстрому выветриванию. Различие в соотношениях крутизны, экспозиции склонов и элементов залегания пластов.

На инженерно-геологической карте "Большого Тбилиси" кроме детальных геолого-геоморфологических данных приведены литологическая характеристика грунтов, мощности поверхностных и вторых от поверхности отложений, физико-механические свойства грунтов осно-

вания, в том числе показатели их несущей способности, гидрогеологические данные, степень изменения грунтов под влиянием выветривания, характер тектонической трещиноватости и т.д.

Коренные породы в виде чередования верхнеэоценовых аргиллитов и туфопесчаников в невыветрелой зоне являются типичными скальными породами с показателями и временного сопротивления сжатию 670–840 кгс/см^2. В зоне выветривания эти породы имеют сланцеватый характер, и их механические показатели заметно снижаются (70–170 кгс/см^2). Характерной особенностью аргиллитов является быстрое изменение физико-механических свойств в обнажении. При строительстве перегонных тоннелей метрополитена наблюдались случаи, когда в забое за несколько недель коэффициент крепости пород снижался в 2 раза и более. Такое быстрое изменение свойств этих грунтов учитывается при вскрытии строительных котлованов.

Инженерно-геологическую обстановку на территории города в значительной степени определяют свойства покровных грунтов, которые более часто, чем коренные породы, являются грунтами основания. В центральной части города распространены озерные и озерно-болотные отложения, представленные тонкослоистыми глинами, тяжелыми суглинками, местами и супесями. Они заполняют эрозионные углубления в коренных породах. В ущелье р. Вере – правого притока р. Кура – озерные глины, обнажающиеся на склонах, подвержены оползневым процессам. Коэффициент сжимаемости глин при нагрузке 2–3 кгс/см^2 равен 0,05, а с глубиной уменьшается до 0,02. Угол внутреннего трения – 15–23°, общее сцепление – 0,1–0,4 кгс/см^2. Озерные отложения являются удовлетворительными грунтами основания на тех участках, где мощность их постоянная и, следовательно, ложе коренных пород ровное. На склонах глины проявляют неустойчивость и легко деформируются.

В старой части города распространены насыпные грунты мощностью до 20 м, представленные рыхлой неоднородной суглинистой массой, с включениями бытовых и строительных отходов. Они относятся к непригодным в качестве естественного основания для капитального строительства. Старые здания, фундаменты которых заложены в таких грунтах, испытывают значительные деформации, а местами – даже полностью выходят из строя. Несущая способность этих грунтов меньше 0,5 кгс/см^2.

В пределах города и прилегающих территорий большим распространением пользуются пролювиально-делювиальные отложения, представленные несколькими разновидностями: чередованием суглинков и глин с прослоями песков и супесей; легкими суглинками с включениями прослоев переотложенных галечников и песков; макропористыми лёссовидными суглинками с включениями грубозернистых супесей и щебня. Мощность этих отложений резко колеблется и местами достигает 45 м. Большей частью эти отложения являются среднесжимаемыми (a = 0,05–0,08).

При естественной влажности коэффициент внутреннего трения колеблется в пределах 0,21–0,40; общее сцепление 0,2–0,45 кгс/см^2.

Местами делювиально-пролювиальные отложения содержат значительное количество легкорастворимых сульфатных солей, иногда до 40%. Эти грунты опасны с точки зрения механической и химической суффозии, особенно в тех местах, где уровень грунтовых вод подвержен значительным колебаниям. В зависимости от степени уплотненности, влажности и характера структурных связей несущая способность пролювиально-делювиальных отложений находится в пределах 1,5-3,0 кгс/см^2.

В качестве грунтового основания в городе используются также галечники, гравий с супесчаным и суглинистым заполнителем, с включениями щебня и грубого песка, являющиеся переотложенным материалом речных террас, а также террасовые отложения в первичном залегании, расположенные на эрозионных уступах коренных пород. Максимальная мощность этих отложений не превышает 5 м.

Гидрогеологические условия территории города определяются распространением двух групп подземных вод. В коренных породах циркулируют трещинные воды, обладающие сульфатной минерализацией до 8 г/л. В вулканогенных отложениях среднего эоцена и в более глубоко расположенных палеоценовых породах по системам тектонических трещин циркулируют термальные (до 47^{o}С) воды с минерализацией 0,3-0,4 г/л, богатые содержанием сероводорода и метана. Эти воды создают сложности при подземном строительстве. Вторую группу составляют грунтовые воды четвертичных отложений. Для них характерны высокие уровни стояния, особенно в пределах замкнутых депрессий (Делиси и Дигоми), где их уровни колеблются от 0 до 4 м от поверхности. Грунтовые воды имеют повышенную минерализацию и являются сульфатно-агрессивными.

Обработка инженерно-геологической информации, полученной для оценки условий строительства, дала возможность произвести районирование территории "Большого Тбилиси" по литолого-генетическому и геоморфологическому признакам.

Инженерно-геологические районы выделены по качественному признаку пригодности территории для строительства, с учетом всех природно-геологических факторов, дающих возможность прогноза возникновения и развития со временем инженерно-геологических процессов при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений. Более дробное деление районов произведено по наличию комплекса признаков, в той или иной мере ограничивающих ведение строительных работ. Выделено 4 района и 15 подрайонов. К категории вполне пригодных для строительства отнесены площади, где скальные породы непосредственно выходят на поверхность или перекрыты четвертичными отложениями мощностью до 3 м. Пригодным для строительства считается также район, объединяющий подрайоны, где грунтовым основанием являются аллювиальные и озерные отложения, расположенные на скальной основе, консолидированные пролювиально-делювиальные суглинки, а также макропористые и засоленные глинисто-песчанистые отложения, залегающие на сцементированных галечных речных террасах. Ограниченными строительными качествами обладают районы распространения делювиально-пролювиальных

отложений, которые залегают на озерных и озерно-болотных глинах. Непригодны для ведения строительства площадки, занимаемые карнизами, оврагами, глубокими промоинами, оползневые склоны и участки с распространением современных насосов мощностью более 5 м.

Выделенные на карте элементы районирования содержат достаточно полную информацию, необходимую для решения задач строительства и реконструкции г. Тбилиси.

Данные инженерно-геологических исследований используются для проектных и строительных работ по генеральному плану развития и реконструкции города. Выбор территории и пространства для размещения объектов наземного и подземного строительства производится с максимальным учетом возможного изменения природных условий под воздействием антропогенных факторов.

Планом перспективной застройки предусматривается освоение свободных территорий на северной, южной и юго-восточной окраинах, а также использование склонов в пределах существующих границ города с крутизной более 15°.

Грузинскими архитекторами и конструкторами разработаны специальные проекты, учитывающие особенности рельефных условий. Одним из рабочих вариантов является проект многоэтажных зданий башенного типа, взаимосвязанных переходными галлереями, в стиле древних каменных башен в горных селениях восточной Грузии (Шатили). Предполагается также осуществление проекта застройки крутых склонов комплексом взаимосвязанных зданий, расположенных на искусственных террасовых уступах.

В ближайшие годы подлежит освоению территория вокруг "Тбилисского моря", где имеются благоприятные микроклиматические условия для создания жилых массивов. Объемно-пространственная композиция высотных зданий на холмистом рельефе будет хорошо сочетаться с окружающей средой.

По линии реконструкции в старой части города намечено строительство новых жилых кварталов, взамен пришедших в негодность одноэтажных зданий, увеличение этажности зданий и т.д.

Выполнение этих работ связано с решением следующих инженерно-геологических задач.

1. Установление конфигурации коренного ложа, глубины распространения погребенных оврагов и определение мощности пролювиально-делювиальных отложений частой сетью разведочных скважин или геофизическими методами, с соответствующим гидрогеологическим опробованием и документацией на новых осваиваемых территориях. Разработка мероприятий по водопонижению в пределах Дигомской депрессии, характеризующейся высокими уровнями грунтовых вод.

2. Прогноз и качественная оценка возможности смещения пород по напластованию на склонах с падением пластов коренных пород по уклону поверхности. Определение допустимых пределов изменения конфигурации склонов в процессе подготовки строительных площадок. Использование метода натурного моделирования для получения количественных характеристик устойчивости естественных склонов.

3. Определение допустимых пределов нагрузки на грунтовое основание в местах увеличения этажности зданий. Предварительная оценка возможности влияния реконструкции на грунтовые условия примыкающих зданий и сооружений.

ABSTRACT

Here are discussed engineering geology conditions of Tbilisi territory in view of forthcoming works on perspective building to be realized according to the General Plan of town development. Geological substantiations of building and reconstruction projects are accomplished at Georgian Polytechnic Institute. The geological information indispensable for building conditions substantiation is pictured in the engineering geology map 1 10000 by scale. Engineering geology classification is done based on lithologic and genetic principle decisive in formulation of engineering geology conditions. At marking out different regions according to the various building characteristics the character of relief as well as of buried relief determining the conditions of occurance and height of quaternary deposits is taken into account. Four regions and fifteen subregions are marked out in accordance with qualitative sign for town building advisibility.

Л. Г. БАЛАЕВ, И. Я. БОГДАНОВ

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Основной особенностью развития сельского хозяйства в настоящее время является всемерная интенсификация сельскохозяйственного производства на основе широкой мелиорации земель, механизации и автоматизации производственных процессов, химизации и селекции. Вопросы мелиорации земель имеют при этом особое значение. Мелиоративные мероприятия не только сами по себе обеспечивают более благоприятные условия развития растений, но и значительно повышают эффективность других факторов интенсификации сельскохозяйственного производства.

Одним из важнейших научных направлений, которое сейчас получает все более и более широкое развитие при изысканиях и исследованиях для мелиоративного строительства, является инженерная геология. На современном этапе развития мелиорации перед инженерной геологией ставятся все более сложные и ответственные задачи, в ряде случаев определяющие общий технический уровень строящихся гидротехнических сооружений и мелиоративных систем. При этом нельзя не учитывать, что основные направления развития инженерной геологии в области мелиоративного строительства суще-

ственно отличаются от направлений развития инженерно-геологических исследований при других видах строительства. Это обусловлено особой спецификой строительства гидромелиоративных и водохозяйственных систем, их особым целевым назначением.

В настоящее время ведутся и будут все более расширяться работы по орошению и осушению огромных территорий нашей страны, по дальнейшему развитию водных ресурсов (в том числе по переброске части стока сибирских и северных рек на южный склон территории СССР), по охране окружающей среды. Масштабы этих работ таковы, что в последующие годы они будут являться одним из ведущих, преобладающих в нашем народном хозяйстве не только по объему капитальных вложений, но и по территориальному развитию, по социальному и народнохозяйственному значению этих мероприятий, что особенно важно.

Есть все основания предполагать, что запросы гидромелиоративного строительства в последующие годы будут в значительной мере определять пути дальнейшего развития инженерно-геологических исследований. В связи с этим очень важно правильно представлять специфику мелиоративных мероприятий, отличающую их от других видов строительства, правильно представлять специфику инженерно-геологических исследований для целей мелиорации земель.

При выяснении перспектив дальнейшего развития инженерно-геологических исследований нельзя не учитывать и еще одно очень важное обстоятельство. Современную инженерную геологию необходимо рассматривать как науку о геологической среде обитания человека. Процессы урбанизации, развития промышленности и транспорта, интенсификации сельскохозяйственного производства привели к тому, что человек в наше время стал существенным фактором изменения природы. Причем воздействие человека на природную обстановку будет все более возрастать по мере дальнейшего развития производственных сил. В этих условиях мы не можем ограничиваться чисто геологическим изучением земной коры, но должны рассматривать и изучать ее как изменяющуюся среду, в которой протекает жизнь человека. На это уже неоднократно обращали внимание В.И. Вернадский, А.Е. Ферсман, И.В. Попов, а в настоящее время – А.В. Сидоренко, Е.М. Сергеев, П.Ф. Швецов, профессора Ф.В. Котлов, Г.С. Золотарев, Г.К. Бондарик и др.

Интенсивность воздействия мелиоративного строительства на природную обстановку несравненно выше тех воздействий, которые оказывают другие виды строительства. Например, орошение огромных территорий в аридной зоне или осушение обширных заболоченных площадей в зоне избыточного увлажнения неизбежно повлекут за собой заметные изменения микроклимата этих территорий, существенно изменят величину отдельных составных элементов общего гидрологического цикла, нарушат сложившийся водный баланс поверхностной и подземной гидросферы.

При мелиорации земель происходит резкое изменение состава растительности и почвенного покрова. Планировка и распашка сель-

скохозяйственных угодий изменяют микрорельеф больших площадей земной поверхности и приводят к значительной интенсификации антропогенных эоловых процессов. Строительство крупнейших регулирующих водохранилищ сопровождается развитием процессов абразии берегов, значительно нарушает режим подземных вод, приводит к значительному повышению потерь воды на испарение в атмосферу. Некоторые фактические данные позволяют предполагать, что строительство крупных водохранилищ в горно-складчатых областях с повышенной сейсмической активностью может приводить к активизации землетрясений вследствие воздействия на массив пород дополнительной нагрузки в виде веса воды в водохранилище (риверсивная гипотеза, проф. Л.Д. Белый).

Сложнейших экологических воздействий можно ожидать после строительства и введения в действие гигантских каналов для переброски части стока сибирских и северных рек на южный склон территории СССР, после завершения обширного комплекса мелиоративных работ в нечерноземной зоне страны.

Одной из характерных особенностей гидромелиорации является вовлечение в сферу инженерной деятельности человека очень больших территорий, иногда занимающих площадь целых геологических регионов. При этом воздействие инженерных мероприятий на природную обстановку настолько существенно, что приходится рассматривать уже не только существующую, исторически сложившуюся в том или ином районе экологическую систему и природный ландшафт. Приходится изучать, прогнозировать условия возникновения новых экологических систем, оказывающих значительное воздействие, и направлений, изменяющих сложившуюся природную обстановку, иногда даже меняющих сам ход процессов диагенеза и гипергенеза поверхностных отложений не только непосредственно на мелиорированных, но и на примыкающих к ним территориях.

В этих условиях особое развитие должен получить геолого-генетический подход к изучению качественных закономерностей формирования инженерно-геологических свойств пород в процессе литогенеза, выявление скрытых зависимостей между инженерно-геологическими и реологическими свойствами пород. Необходимо более тщательно изучать историю геологического развития местности, историю формирования рельефа, чтобы на этой основе прогнозировать ход изменений инженерно-геологических условий в пределах мелиорируемых территорий после строительства оросительных или осушительных систем.

Важнейшими особенностями гидромелиоративного строительства являются обязательное и весьма значительное изменение режима влажности пород зоны аэрации; интенсивная фильтрация воды под ирригационными каналами и орошаемыми полями, часто приводящая к фильтрационному выщелачиванию пород; теснейшая взаимосвязь инженерно-геологических и гидрогеологических условий; избирательный характер и повышенная интенсивность проявления неблагоприятных инженерно-геологических процессов, связанных с обильным увлажнением пород и деятельностью поверхностных вод (просадки

лёссовых пород, карст, суффозия, активизация оползней, обвалы, русловая и поверхностная эрозия, абразия и т.д.).

В качестве примера достаточно будет остановиться на вопросе изменения минералогического состава глинистых фракций пород и характера их засоления в процессе длительного и обильного увлажнения.

Как известно, инженерно-геологические свойства глинистых пород существенно зависят от состава глинистых минералов и характера засоления пород. Особенно четко это проявляется для таких показателей, как пластичность, гидрофильность и набухание, просадочность и т.д. Преобладающими глинистыми минералами в поверхностных отложениях обычно являются гидрослюда, монтмориллонит, каолинит, галлуазит и некоторые другие минералы. Породы, содержащие в преобладающем количестве тот или иной минерал в составе глинистой фракции, резко отличаются по своим физико-механическим свойствам. Вместе с тем все эти глинистые минералы не столь значительно отличаются друг от друга по своей кристаллической структуре.

Сравним для примера кристаллическую структуру таких глинистых минералов, как гидрослюда и монтмориллонит. У гидрослюды между тетраэдрическими и октаэдрическими слоями зафиксированы ионы калия. У монтмориллонита ионы калия замещены другими катионами, в той или иной степени гидратированными. Еще одним различием этих глинистых минералов является несколько отличающееся содержание ионов магния и алюминия в октаэдрических позициях.

Замещение межслоевых катионов (вынос калия), проникновение ионов магния в межслоевые, а затем в октаэдрические позиции происходит вследствие процессов выщелачивания пород, изменения концентрации различных солей в поровом растворе, изменения величины pH раствора и т.д. Все это неизбежно ведет к существенному изменению инженерно-геологических свойств глинистых пород. Конечно, было бы ошибочным предполагать, что увлажнение глинистых пород инфильтрационными водами сразу же сопровождается интенсивно протекающими процессами трансформации глинистых минералов. Здесь очень велика роль фактора времени, состава исходных минералов и т.д. Вместе с тем есть все основания утверждать, что при длительном фильтрационном выщелачивании глинистых пород может коренным образом изменяться направление процессов формирования состава и инженерно-геологических свойств пород. При этом следует отметить, что оросительные воды оказывают на почвы и грунты чрезвычайно интенсивное воздействие за счет присутствия в них различных химмелиорантов, ядохимикатов, дифолиантов и удобрений, за счет вовлечения в круговорот солей оросительных и подземных вод, водно-растворимых соединений почв и грунтов.

Можно было бы отметить целый ряд других характерных особенностей работы мелиоративных сооружений, определяющих особую специфику инженерно-геологических исследований для целей мелиора-

ции. Однако и сказанного выше вполне достаточно для того, чтобы понять резкие отличия в постановке инженерно-геологических исследований для целей мелиорации и для других видов строительства.

Опыт последних десятилетий показал, что область деятельности инженерной геологии непрерывно расширяется. В общем комплексе инженерно-геологических исследований постепенно происходит дифференциация отдельных направлений этой науки и одновременно синтез каждого из этих направлений со смежными научными дисциплинами. Рассмотрим, в чем состоят основные задачи совершенствования того направления инженерно-геологических исследований, которое связано с мелиоративным и водохозяйственным строительством в нашей стране.

Наиболее важными задачами дальнейшего развития инженерно-геологических исследований для целей мелиорации сейчас являются:

1) проведение теоретических исследований и научных поисков по проблемным вопросам мелиоративной геодинамики;

2) изучение и оценка региональных инженерно-геологических условий отдельных крупных районов мелиоративного строительства, основанные на учете трех основных положений:

а) детального изучения естественно-исторической обстановки, определившей современные инженерно-геологические условия территории, б) полной дешифровки всех факторов, объективно отражающих как свойства горных пород, так и характер воздействия сооружений, в) нахождения динамических схем возможных преобразований, связанных с работой гидромелиоративных систем и гидротехнических сооружений;

3) разработка научных основ и создание методик (общих и региональных) по определению основных инженерно-геологических свойств различных типов пород, по прогнозу геологических и инженерно-геологических процессов в условиях мелиоративного освоения территорий;

4) разработка и внедрение в практику новых, прогрессивных методов оценки состава, состояния и свойств пород, основанных на последних достижениях науки и техники;

5) разработка методик и способов комплексной инженерно-геологической, гидрогеологической и почвенно-мелиоративной съемки разных масштабов, а также методик специализированного районирования для особых целей мелиорации (например, для обоснования выбора типов дренажа, техники поливов и т.д.);

6) разработка математических методов изучения и обработки материалов исследований и прогнозов;

7) проведение специальных научных исследований с целью своевременного решения конкретных инженерно-геологических задач на крупнейших объектах мелиоративного и водохозяйственного строительства.

Мелиорация земель в наши дни проводится при условии максимального ускорения ввода в действие мелиорированных площадей.

Это в свою очередь требует опережающего изучения природных условий отдельных крупных регионов страны. В связи с весьма большими объемами изысканий сейчас уже невозможно своевременно обеспечивать проектирование необходимыми материалами с помощью традиционных методов исследований. Необходимы новые методические разработки, новые, более производительные способы проведения инженерно-геологических изысканий и исследований.

Возможные пути повышения производительности работ на изысканиях для целей мелиорации включают в себя задачу максимального сокращения количества разведочных выработок при проведении изысканий, без снижения качества работ; задачу оптимального комплексирования различных видов исследований, а также задачу совершенствования, повышения эффективности традиционных методов инженерно-геологических исследований.

Широкое развитие работ по орошению и осушению земель, проектирование новых, все более совершенных гидромелиоративных систем, высокий уровень технического обеспечения мелиоративных работ определяют в настоящее время все возрастающую ответственность научных работников за правильность принципиальных технических решений по размещению и компоновке оросительных и осушительных систем, по составлению общих схем мелиоративного освоения обширных территорий. В связи с этим необходимо отметить пока еще недостаточное развитие научных исследований с целью совершенствования методик комплексного районирования и картирования территорий для целей мелиорации. В настоящее время работы по комплексной съемке и районированию выполняются не всегда достаточно квалифицированно, часто при неудачном подборе комплекса исходных характеристик или с позиций частных представлений о принципах и способах районирования.

Основным отличием районирования территорий для целей водохозяйственного и мелиоративного строительства является необходимость комплексного учета инженерно-геологических, гидрогеологических и почвенно-мелиоративных условий. Поэтому очень часто в практике мелиоративных работ соответствующим синтетическим картам присваивают наименование карт комплексного районирования.

Что касается анализа только инженерно-геологических условий, то они могут изучаться как на основе формационного, так и на основе инженерно-петрологического принципов анализа территорий, разработанных Ф.П. Саваренским, И.В. Поповым, Е.М. Сергеевым, Л.Д. Белым, Н.В. Коломенским, В.Д. Ломтадзе, М.В. Чуриновым и др., а в настоящее время получающих дальнейшее развитие в работах инженерно-геологической школы МГУ, в Институте ВСЕГИНГЕО и др.

При составлении инженерно-геологических карт, а также карт комплексного районирования для целей мелиорации необходим более широкий охват различных факторов, получающих отображение на картах. Например, анализ геологических структур, изучение состава и условий залегания различных литологических разностей поверхност-

ных отложений должны проводиться таким образом, чтобы получить прямой выход к решению вопросов о взаимосвязи напорных и грунтовых вод, об условиях питания, оттока и разгрузки первого от поверхности Земли безнапорного водоносного горизонта. Необходимо определять типы водного питания грунтовых вод и выделять области с различной степенью естественной дренированности территорий. Для решения этих вопросов используются количественные показатели влаго- и солепереноса в толще почвогрунтов зоны аэрации, уклонов поверхности грунтовых вод, анализируются формы депрессионных кривых подземного потока.

Геоморфологические условия территории обычно рассматриваются при съемках как средство выявления связи между формами рельефа, с одной стороны, и размещением различных литолого-генетических типов отложений, распространением различных физико-геологических явлений – с другой. При этом учитывается также роль геоморфологического анализа при решении вопросов, касающихся определения возраста пород, неотектоники, условий формирования четвертичных отложений и т.д. При районировании для целей мелиорации необходимо более подробное отображение на карте не только морфологических, но и морфометрических характеристик рельефа. В частности, морфометрические данные представляют большой интерес при оценке ирригационной эрозии, для правильного выбора способов и техники поливов, режимов орошения и т.д.

При инженерно-геологическом обосновании мелиоративного строительства очень велико практическое значение методов инженерной геодинамики, а также разработки рациональных приемов упрочнения или закреплений грунтов. Мелиоративные мероприятия обычно вносят существенные изменения в сложившийся водный баланс, изменяют физико-механические и фильтрационные свойства пород, их засоленность и т.д. Прогноз всех этих изменений и взаимосвязанных с ними физико-геологических и инженерно-геологических процессов является ответственной и сложной задачей инженерных изысканий и исследований.

В первую очередь здесь следует отметить проблему просадочности лёссовых пород при увлажнении. Орошение новых крупных массивов в Средней Азии, Закавказье, на Украине и Северном Кавказе связано с освоением обширных лёссовых территорий. Это предъявляет повышенные требования к точности прогноза просадочности лёссов и разработке противопросадочных мероприятий в условиях мелиоративного строительства. Не меньшую опасность для гидротехнических сооружений представляют также суффозионно-карстовые проявления в лёссах. Именно они часто являются причиной прорывов каналов на косогорах, провалов, образования подземных полостей. Прогноз этих явлений чрезвычайно затруднен, а методика моделирования еще совсем не разработана.

Одним из наиболее сложных вопросов при инженерно-геологических исследованиях является оценка устойчивости склонов и откосов. В мелиоративном строительстве очень часто приходится наблюдать

обвалы или активизацию оползневых процессов при изменении режима влажности грунтов, при подрезке склонов строительными выемками или каналами.

Особую группу явлений, изучаемых инженерной геодинамикой, составляют сейсмогравитационные нарушения и оценка устойчивости скальных пород на склонах горных долин. Эта проблема приобретает все большее значение в связи со строительством крупных регулирующих водохранилищ в горных районах, отличающихся повышенной сейсмической активностью.

Очень актуальными в условиях мелиоративного и водохозяйственного строительства являются вопросы изучения и прогнозирования процессов ветровой эрозии на распаханных землях, ирригационной и русловой эрозии; размыва берегов водохранилищ; морозного пучения, набухания и усадки глинистых грунтов; процессов химической и механической суффозии; карстовых проявлений и целый ряд других вопросов.

ABSTRACT

Land reclamation involves an area of millions of hectares of land. Engineering construction work is being done in very complicated natural conditions. Complex of measures stipulates radical change of natural conditions and stires up geological processes (subsidence, caret, suffosion, erosion).

The main task of engineering geological investigations consists in forecasting geological processes development and evaluation of construction conditions.

The volume of engineering geological investigations for land reclamation purposes in the USSR, reaches 60 million rubles per year.

In the period 1971–1975 survey will be done for an area of about 800 th. km^2 at a scale 1: 200 000.

С. Д. ВОРОНКЕВИЧ, Л. А. ЕВДОКИМОВА, В. А. МЫМРИН,
Н. А. ЛАРИОНОВА, Е. Н. ОГОРОДНИКОВА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ГРУНТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ СТРОИТЕЛЬСТВА

В настоящее время наибольшие изменения природных ландшафтов происходят в результате деятельности промышленных предприятий и строительства. Складирование и длительное хранение промышленных отходов требуют затрат довольно значительных средств и приводят к потере ценных сельскохозяйственных угодий, загрязнению атмосферы, поверхности и подземных вод. В связи с этим проблема рецир-

куляции промышленных отходов представляет собой важную народно-хозяйственную задачу, решение которой позволит сократить капиталовложения на строительство золоотвалов, хвостохранилищ и подобных сооружений и приостановит загрязнение окружающей природной среды.

Одним из перспективных путей утилизации отходов современной промышленности является использование их для целей технической мелиорации грунтов. Удовлетворительное решение этой проблемы позволит, кроме всего прочего, полностью или частично отказаться от использования для целей улучшения строительных свойств грунтов таких относительно более дорогих и дефицитных материалов, как цемент, известь, битум, жидкое стекло и др.

Эксплуатация современных тепловых электростанций, работающих на каменноугольном, буроугольном, торфяном и сланцевом топливе, приводит к накоплению огромных масс отходов в виде золы-уноса и золошлаковой смеси. В настоящее время в СССР ежегодно накапливается более 80 млн. зол-уноса и золошлаковых смесей. Вяжущие свойства привлекают к таким отходам внимание специалистов в области технической мелиорации грунтов. Другим интересным с этой точки зрения побочным крупнотоннажным продуктом промышленного производства является сульфитно-спиртовая барда (жидкий лигнин) - отход переработки (гидролиза) древесины. При получении целлюлозы сульфитным способом лигнин, составляющий до 30% древесины, переводится в раствор и обезвоживается до 50%-ного концентрата, который обладает вяжущими и поверхностно-активными свойствами. В настоящее время утилизируется только около 10% общего количества, главным образом в виде топлива. Накопленный к настоящему времени опыт показывает, что упомянутые промышленные отходы могут быть использованы в качестве: а) самостоятельного вяжущего для дорожно-строительных целей; б) известково-зольных и цементо-зольных смесей для укрепления грунтов; в) материала для возведения земляных сооружений; г) материала для инъекционных растворов. Несмотря на имеющийся прогресс в области исследования и использования зол и лигнина, достигнутый в СССР и за рубежом (ПНР, Англия, США, Франция, ФРГ), не все стороны этой проблемы разработаны в настоящее время в достаточной степени. Учитывая это обстоятельство, в проблемной лаборатории геологического факультета МГУ проводятся исследования, направленные на решение ряда теоретически интересных и практически важных задач.

1. Исследование процессов взаимодействия глинистых минералов с компонентами зол-уноса с целью раскрытия механизма формирования структуры зольно-грунтовой смеси.

2. Определение возможности применения активных сланцевых зол сухого удаления в качестве самостоятельного вяжущего для укрепления глинистых грунтов.

3. Исследование возможности укрепления глинистых грунтов малоактивными золами гидроудаления.

4. Изучение закрепления грунтов инъекционным раствором на основе жидкого лигнина.

Основным результатом проведенных исследований посвящена настоящая статья.

Исследование механизма формирования структуры зольно-грунтовых композиций. Для этой цели использовалась зола сухого удаления горючих сланцев (Эстонская ССР), мономинеральный образец гидрослюды (широко распространенного в глинистых грунтах минерала), а также искусственно синтезированные клинкерные минералы, входящие в состав исследованного типа золы-уноса.

Сланцевая зола-уноса отличалась высокой дисперсностью ($S_{уд}$ = = 4150 $см^2/г$) и характеризовалась следующим химическим составом:

Окислы	SiO_2	TiO_2	P_2O_5	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO
Содержание, %	29,59	0,60	0,17	8,35	3,59	30,06

Окислы	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	П.п.п.	Сумма
Содержание, %	2,94	5,70	0,47	10,78	7,75	100

что соответствует примерно следующему набору минеральных компонентов:

Минералы	C_2S	CA	C_2F	CaO (своб.)	MgO (своб.)	$CaSO_4$	$CaCO_3$
Содержание, %	10,67	1,67	4,42	14,10	1,41	9,66	3,63

где $C - CaO$, $A - Al_2O_3$, $S - SiO_2$, $F - Fe_2O_3$.

Анализ полученных результатов (табл. 1; рис. 1) позволяет сделать некоторые выводы относительно основных процессов, происходящих при твердении зольного и зольно-минерального камня, которые контролируют формирование структуры и определяют в конечном счете физико-механические свойства укрепленного грунта.

В ходе исследований прежде всего выяснилось (см. рис. 1, кривые *4 – 13*), что клинкерные минералы (C_2S и C_3A) сами не образуют с гидрослюдой прочной структуры, что объясняется отсутствием условий гидратации и кристаллизации новообразований из-за поглощения извести гидрослюдой, которое составляет 0,64 г CaO за первые сутки и 1,25 г CaO к 14 сут. Введение в смесь свободной извести обусловливает более нормальный ход гидратации и гидролиза, что отражается соответствующим повышением прочности (см. рис. 1, кривая *5*). Роль гипса тоже весьма существенна, но она начинает проявляться в гораздо более поздние сроки (см.рис.1, кривая *6*) через процесс образования и кристаллизации гидросульфоалюминатов.

Характер кинетической кривой прочности системы зола-вода (см. рис. 1, кривая *3*) свидетельствует о том, что не только ис-

Таблица 1

Изменение показателей состава и свойств образцов золы-уноса (1) в смеси золы-уноса с гидрослюдой (отношение 1:1) при твердении во времени (2)

Основные характеристики	Состав смеси	Сухая смесь	1 сут	7 сут	28 сут	60 сут	90 сут	1 год
σразрыв, кгс/см^2	1	-	4,6	24,9	42,3	42,2	46,8	79,2
	2	-	5,7	12,2	24,4	26,1	27,1	41,2
$\sigma_{сж}$, кгс/см^2	1	-	13	51	237	228	319	339
	2	-	10	29	60	98	146	129
Линейное расширение, %	1	-	0,38	1,77	2,08	2,62	2,85	3,08
	2	-	0,23	0,96	2,85	3,31	5,69	5,23
CaO свободная, %	1	5,23	5,24	4,02	3,44	0,51	0,09	Нет
	2	2,62	1,30	0,91	0,08	Нет	-	-
SO_3 несвязанная, %	1	2,43	5,33	4,97	5,27	4,80	4,50	-
	2	1,23	2,05	2,03	2,42	-	3,05	-
$CaCO_3$, %	1	4,13	4,13	4,27	4,27	4,27	4,27	4,67
	2	2,06	2,23	3,54	6,67	5,29	4,22	5,32

следованные компоненты влияют на формирование структуры зольного камня; известное значение имеет, вероятно, присутствующая в реальных золах в достаточно большом количестве стекловидная фаза как источник кремнезема. Нарастание прочности во времени и характер физико-химических процессов в данной системе происходят в три этапа.

В течение первого этапа (0-28 сут) за счет почти полной гидратации активных минералов золы-уноса происходит наиболее интенсивный набор прочности образцов. В конце этого периода начинается активизация стекловидной фазы золы свободной известью.

Второй этап (28 - 60 сут) характеризуется выкристаллизацией эттрингита до размеров, достаточных для обнаружения его под электронным микроскопом. Рост кристаллов эттрингита, очевидно, приводит к разупрочнению зольного камня. Дальнейший синтез гелеподобных образований из стекловидной фазы и свободной CaO частично залечивает нарушения структуры камня. В сумме два противоположно направленных процесса приводят к незначительному сбросу прочности.

В течение третьего периода (от 60 сут до 1 года) наблюдается затухание синтеза минералов за счет взаимодействия свободной CaO и составляющих стекловидной фазы, завершение кристаллизации новообразований и начало карбонизации образцов. Прочность на разрыв при этом продолжает плавно расти до 79,2 кгс/см^2.

Как и следовало ожидать, присутствие глинистого минерала – гидрослюды видоизменяет картину физико-химических превращений в исследуемых системах. Это прежде всего проявляется в почти полном исчезновении свободной извести в период до 28 сут, тогда как в отсутствие гидрослюды этот процесс завершается только к возрасту 90 сут (см. табл. 1). За счет частичного разложения гидрослюды в щелочных условиях наблюдается рост содержания подвижных Al_2O_3 и SiO_2 к 7 сут с последующим уменьшением к 14 сут, следовательно, синтез новообразований начинается несколько раньше, чем в чистой золе-уноса. Связывание подвижных Al_2O_3 и SiO_2 пре-

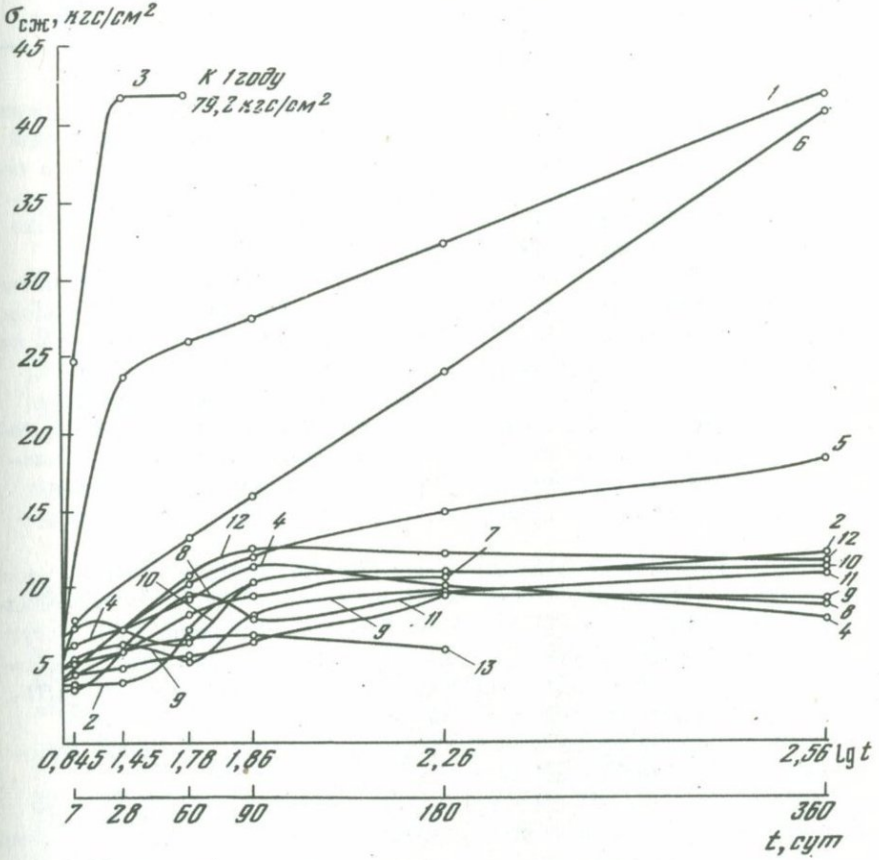


Рис. 1. Изменение прочности образцов различного состава во времени

1 – зола-уноса + гидрослюда, соотношение 1:1; *2* – гидрослюда; *3* – зола-уноса; *4* – 40 г гидрослюды + 4 г C_2S; *5* – то же + +3 г CaO; *6* – то же + 1 г CaO + 1 г $CaSO_4 \cdot 2H_2O$; *7* – то же+ + 1 г CaO; *8* – то же + 1 г C_3A; *9* – то же + 1 г CaO; *10* – то же + 1 г $CaSO_4 \cdot 2H_2O$; *11* – то же + 6 г $CaSO_4 \cdot 2H_2O$; *12* – то же + + 1 г CaO + 1 г $CaSO_4 \cdot 2H_2O$; *13* – то же + 3 г CaO

Таблица 2

Характеристика грунтов, укрепленных золой-уноса

Суглинок	Дозировка золы, %	σ разрыв, кгс/см^2	Коэффициент водопрочности	Морозостойкость	
				количество циклов	σ разрыв, кгс/см^2
Моренный	35	21,8	0,88	25	7,7
Лёссовидный	30	21,6	0,76	25	15,6

кращается к 26 сут с исчезновением свободной CaO. Полное исчезновение свободной CaO приводит к прекращению процесса щелочной активизации как стекловидной фазы, так и гидрослюды. Кинетика несвязанной SO_3 показывает (см. табл. 1), что количество образующихся гидросульфоалюминатов в системе зола – гидрослюда несколько меньше, чем в чистой золе.

Следует также отметить, что на рентгенограммах довольно четко прослеживается эволюция пика 9,47 Å гидрокарбоалюмината кальция состава $C_3AK_3H_{32}$, где К–$CaCO_3$: этот пик достигает максимальной интенсивности, что сопровождается ростом карбонатности до 6,67%; в дальнейшем (от 28 до 90 сут) интенсивность пика $C_3AK_3H_{32}$ резко убывает, достигая практически первоначальной величины в годичном возрасте образцов. Это обстоятельство заставляет предполагать определенное влияние карбоалюминатов кальция на процесс структурообразования на ранних стадиях твердения системы зола – гидрослюда.

Лабораторные исследования по укреплению сланцевой золой-уноса двух типов суглинков – моренного (Q_{II}) из Подмосковья и лёссовидного (Q_{II}^2) из Красноярского края показали, что такие золы могут быть использованы в качестве самостоятельного вяжущего. Необходимая и достаточная дозировка золы при этом составляет 30–35%. После уплотнения при оптимальной влажности и выдерживании в воздушно-влажной среде образцы укрепленных грунтов характеризовались следующими свойствами (табл. 2).

Материал с такими показателями прочности и морозостойкости может быть использован для создания нижних слоев дорожных одежд.

Исследование возможности и условий применения малоактивных зол гидроудаления для укрепления глинистых грунтов. Согласно действующим в СССР нормативным документам, применение золы-уноса в качестве добавок при укреплении грунтов ограничено содержанием свободной окиси кальция не менее 10% и количеством органического вещества не более 10%. Однако к настоящему времени накоплена большая масса зол и золо-шлаковых смесей, не отвечающих вышеупомянутым требованиям. Проблема состоит в том, чтобы найти возможность использования таких зол при укреплении глинистых

грунтов, которые обычно требуют большого расхода цемента, в целях превращения их в материал, пригодный для нижних слоев дорожного основания.

Для исследований использовались золы гидроудаления Краснодарской ТЭС, работающей на донецких углях, содержащие, как правило, значительное количество органического вещества. Дисперсность взятой золы характеризуется следующими показателями: частиц крупнее 0,05 мм – около 34%; частиц размером 0,05–0,01 мм – 52,8%; частиц меньше 0,01 мм – около 13%; удельная поверхность – 2200–3000 $см^2/г$. Химический состав золы оказался следующим:

Окислы	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	R_2O
Содержание, %	50–53	20–26	12–16	3,0–3,3	1,7–1,8	0,9–1,2	3,3–5,6

В качестве объекта укрепления были взяты делювиальные тяжелые суглинки, измененные процессом черноземообразования (гор.В), которые представляют собой широко распространенный тип поверхностных отложений на юге СССР, поэтому использование их в качестве материала для оснований дорожных покрытий имеет большое практическое значение. Грунт содержал 2,3% гумуса и 3,3% карбонатов и характеризовался следующим гранулометрическим составом:

Фракции, мм	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001
Содержание, %	1,51	9,28	9,51	43,08	13,78	15,87	6,97

Резкое угнетение гидравлических свойств у зол гидроудаления обусловливает применение их в качестве гранулометрических и пуццоланических добавок в сочетании с традиционными вяжущими. В данном случае таким вяжущим был цемент краснодарского завода (М 400). Цемент вводился постоянно в количестве 10%, а содержание золы и грунта в смесях изменялось от 0 до 90%. Образцы готовились по стандартной методике и выдерживались во влажных условиях до определенного возраста, а затем после двухсуточного водонасыщения испытывались на одноосное сжатие (каждое значение прочности является средним арифметическим для трех параллельных определений).

Образцы 28-суточного возраста испытывались на морозостойкость. Учитывая важность процесса адсорбции CaO в ходе твердения таких смесей, определялась кинетика поглощения извести исследованным грунтом и золой. Результаты проведенных испытаний представлены в табл. 3 и на рис. 2.

Из таблицы видно, что наилучшие условия твердения, приводящие к максимальной прочности смесей и их морозостойкости, имеют место для цементо-зольно-грунтовой смеси, состоящей из 60%

Таблица 3

Результаты исследований твердения цементно-зольно-грунтовых смесей во времени

Состав смеси, %			$\sigma_{сж}$, кгс/см^2						Количество циклов замораживания и оттаивания	Прочность после замораживания и оттаивания, кгс/см^2
			во влажных условиях			при водонасыщении				
Суглинок тяжелый делювиальный	Зола-уноса	Цемент	7 сут	28 сут	90 сут	7 сут	28 сут	90 сут		
90	0	10	34	55	76	50	56	63	4	Разрушение
80	10	10	52	72	90	40	50	81	14	37
70	20	10	57	71	90	46	52	77	14	37
60	30	10	55	76	82	46	64	68	21	46
50	40	10	55	65	88	47	60	81	14	42
40	50	10	38	44	85	41	50	46	7	38
0	90	10	8	32	42	19	34	42	21	13

грунта, 30% золы и 10% цемента. Смесь такого состава может быть рекомендована для опытно-производственного опробования в целях создания качественного основания дорожных покрытий с использованием дешевых местных материалов.

С позиций вышеизложенного механизма твердения зольно-грунтовых смесей полученные результаты (см. табл. 3) можно объяснить следующим образом. По мере увеличения содержания золы от 0 до 30% снижается адсорбционная способность "нецементной" части смеси, что приводит к уменьшению затрат извести на поглощение, и все большее ее количество расходуется на связывание подвижных кремнезема и глинозема.

Дальнейшее увеличение содержания золы от 30 до 90% приводит к снижению относительного содержания минеральных компонентов, способных активизироваться в щелочной среде, что обусловливает уменьшение интенсивности процессов силификации и алюминоза, прочность и морозостойкость смесей вновь начинает падать. Таким образом, в смеси с соотношением грунт:зола: цемент, равным 60:30:10, имеет место оптимальное сочетание адсорбционной способности и способности к щелочной активизации минеральных компонентов смеси, которое обеспечивает ее максимальную прочность и морозостойкость. Оптимальное соотношение компонентов цементо-зольно-грунтовых смесей будет изменяться в зависимости от колебаний дисперсности и минерально-химического состава грунта, варьирования состава и дисперсности зол, а также от изменения марки цемента.

Инъекционное закрепление песчаных грунтов с использованием жидкого лигнина. Вяжущие и поверхностно-активные свойства суль-

фитно-бардяного концентрата (жидкого лигнина) обусловлены наличием в ароматических кольцах и боковых цепях лигносульфонового комплекса активных групп. Для придания грунтам необходимой прочности и водонепроницаемости необходимо сульфитно-спиртовую барду перевести в водонерастворимое состояние. Для этой цели существуют несколько способов. Все они основаны на введении в раствор бардяного концентрата различных окислителей. На степень окисления оказывают влияние вид окислителя, концентрация, время воздействия и температура. В результате окислительно-восстановительных реакций между лигносульфонатами и окислителями происходит полимеризация системы с образованием нерастворимого пространственного полимера.

Наиболее известным и достаточно разработанным является способ, заключающийся в обработке бардяного концентрата соединениями хрома. Химическая реакция взаимодействия сульфитно-бардяного концентрата и окислительных добавок типа бихромата натрия основана на способности ионов хрома образовывать с органическими соединениями прочные внутрикомплексные соединения. Однако ион хрома не полностью взаимодействует с бардяным концентратом. Непрореагировавший шестивалентный хром выделяется из системы, загрязняя поверхностные и подземные воды. Исследованиями установлено, что введение некоторых соединений типа $FeCl_3$, HCl и др. способствует лучшему связыванию хрома и, следовательно, уменьшению количества выделяющегося непрореагировавшего шестивалентного хрома. Однако полной нейтрализации токсического продукта не происходит, что является существенным недостатком данного способа.

Поэтому проведенные исследования были направлены на подбор окислителей, не выделяющих побочных токсичных продуктов. По результатам лабораторных исследований оптимальной оказалась рецептура инъекционного раствора, где в качестве окислителя использовалась перекись водорода (H_2O_2) в присутствии калия железосинеродистого ($K_3[FeCN]_6$). В смеси бардяного концентрата, красной кровяной соли и перекиси водорода происходит ряд сложных химических превращений. В присутствии перекиси водорода калий железосинеродистый восстанавливается до калия железистосинеродистого, что полностью исключает попадание токсичных продуктов в окружающую среду.

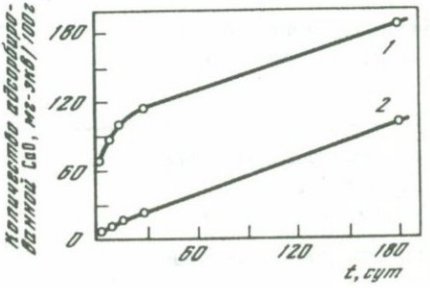
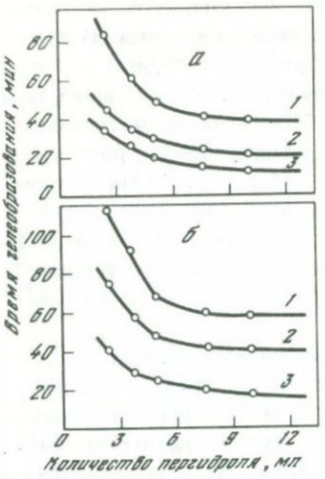


Рис. 2. Кинетика адсорбции CaO из расчета $Ca(OH)_2$
1 – грунтом; *2* – золой



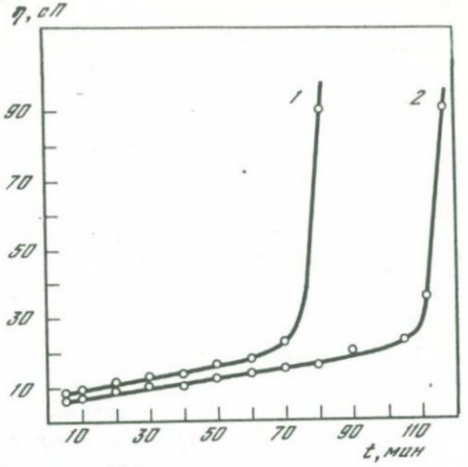


Рис. 3. Изменение времени гелеобразования ферролигнинового раствора в зависимости от концентрации и количества окисляющих добавок

Лигнин, уд. вес, г/см^3: *а* – 1,135; *б* – 1,10; *1, 2, 3* – добавка красной кровяной соли 1, 2 и 5% соответственно

Рис 4. Изменение вязкости ферролигниновых растворов во времени *1* – лигнин уд. веса 1,135 г/см^3, 100 мл + красная кровяная соль, 2 г + пергидроль, 3,8 мл; *2* – то же, лигнин уд. веса 1,10 г/см^3

Для подбора рецептур инъекционных растворов были взяты растворы жидкого лигнина с плотностью 1,10 и 1,135 г/см^3, которые имели технологически приемлемые величины вязкости – 1,4 и 4,0 сП соответственно. На рис. 3 показано изменение времени гелеобразования окисляющих добавок. На рисунке видно, что оптимальным сле-

Таблица 4

Характеристика исследованных песков

Наименование песков (по Е.М. Сергееву)	Гранулометрический состав при диа		
	>0,25	0,25–0,1	0,10–0,05
Среднемелкозернистый кварцевый $m\,l_3v_2$	0,16	87,54	10,61
Мелкотонкозернистый $eol\,Q_{IV}$	0	8,90	84,30
Среднемелкозернистый $al\,Q^2_{III}$	19,6	63,9	10,6

Таблица 5

Результаты опытов по закреплению песчаных грунтов ферролигниновым раствором

Наименование песка (по Е.М. Сергееву)	$\sigma_{сж}$ (в кгс/см^2) через сутки после закрепления	Коэффициент фильтрации до закрепления, м/сут	Коэффициент фильтрации после закрепления (в м/сут) при градиенте напора 200
Среднемелкозернистый кварцевый mI_3v_2	2–4	17,0	$3{,}7 \cdot 10^{-3}$
Мелкотонкозернистый карбонатный Q_{IV}	5–6	4,5	Не опр.
Среднемелкозернистый Q^2_{III}	2–4	10,0	$n \cdot 10^{-3}$

Примечание. При градиентах напора 20–25 и 100 закрепленные пески не фильтруют.

дует признать следующий состав инъекционного раствора: на 100 мл бардяного концентрата (ССБ) прибавляется 2 г красной кровяной соли и около 4 мл пергидроля. Вязкость такого цементообразующего раствора составляет 5–6 сП и до момента образования геля наблюдается сравнительно небольшое ее повышение (рис. 4), которое сменяется практически мгновенным застудеванием. Структурная прочность образующегося геля равна 220–300 г/см^2. Повысить прочность геля можно увеличением содержания красной кровяной соли, а увеличение количества пергидроля способствует образованию

метре фракций, мм		Удельный вес, г/см^3	Объемный вес при плотном сложении, г/см^3	Пористость, %	$CaCO_3$, %
0,05–0,01	<0,01				
1,12	0,57	2,65	1,70	35,8	0,10
1,22	5,58	2,75	1,63	40,7	9,22
2,7	3,2	2,65	1,73	34,7	1,07

вспученного материала (типа вспученной резины), нерастворимого в воде.

Оптимальный состав инъекционного раствора был испытан при закреплении различных типов песчаных грунтов (табл. 4) в лабораторных и полевых условиях. Результаты испытаний приведены в табл. 5. Они показывают, что разработанная рецептура инъекционного раствора позволяет придать грунту достаточную прочность и практически полную водонепроницаемость. Присутствие карбонатов в грунте не является препятствием для данного способа закрепления.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований:

а) установлена стадийность в развитии физико-химических процессов, контролирующих изменение свойств зольно-грунтовых материалов в ходе гидратации;

б) определена возможность использования сланцевых зол сухого удаления в качестве самостоятельного вяжущего для укрепления глинистых грунтов различных генетических и петрографических типов;

в) выявлены оптимальные условия применения зол гидроудаления сравнительно низкого качества для укрепления глинистых грунтов;

г) разработана и опробована рецептура нового инъекционного раствора, который может быть использован для упрочнения и уплотнения грунтов в гидротехническом и подземном строительстве.

ABSTRACT

One of the promising way to utilize industrial wastes poluting the evironment is to use them for the improvement of soils in engineering purposes.In this paper the results of laboratory studies and field tests have presented. The investigations made were dealing with the sertain theoretical and practical problems in strengthening and inpermeabilization of soils by means of an incorporation the widespread industrial wastes such as fly-ashs and lignin.

Studies performed make possible to reveal some stages in the development of physico-chemical processes controlling the alterations in the technological propeties of ash-soil materials. It was also disclosed a possibility to use dry fly-ash as a matrix for different genetic and petrographic types of clayey soils to be stabilized. The optimum conditions to apply hydrated ashs with relatively lower quality to the stabilization of clayey soils have been found. The new chemical grout has been developed and tested; it may be used for the strengthening and inpermeabilization of sandy soils in Hydraulic and Mining Engineering.

В. С. ШИБАКОВА

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВЧ-СПОСОБА ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ

Задача создания технологически совершенных, экономически выгодных и нетоксичных способов закрепления грунтов всегда стоит перед исследователями при разработке этой проблемы. Внимание специалистов давно привлекает термический способ закрепления грунтов (Филатов, 1938; Литвинов, 1959). Однако сложность до сих пор применявшейся технологии обжига, малая экономическая эффективность и невозможность применения ее для закрепления различных литологических типов грунтов (кроме хорошо воздухопроницаемых) сильно ограничивали использование этого способа.

Развитие в последние десятилетия СВЧ-энергетики позволяет предположить качественно новый способ закрепления при нагревании различного рода грунтов. В настоящее время энергия СВЧ-волн начинает довольно широко использоваться в целом ряде технологических операций в промышленности. Физической основой всех этих процессов является интенсивное поглощение различными материалами энергии СВЧ-волн и, как следствие этого, их нагревание в поле СВЧ-волн. В 1971 г. на кафедре грунтоведения и инженерной геологии МГУ был предложен новый термический способ закрепления грунтов с помощью СВЧ-энергии (Шибакова, 1974).

Основой для разработки такого метода явились измерения поглощающей способности ряда грунтов. Хотя для многих природных и искусственных материалов изучена их способность поглощать СВЧ-излучение, однако ни в отечественной, ни в зарубежной литературе нет данных для грунтов. Поэтому первоочередной задачей при разработке СВЧ-способа закрепления грунтов явилось определение поглощательной способности ряда грунтов. Измерения были проведены при длине волн 3–10 см для образцов с ненарушенным сложением. Были использованы – иольдиевая глина, аскан-глина и средний лёссовидный суглинок.

Данные о минеральном и гранулометрическом составе образцов приведены в табл. 1.

Выбор именно этих образцов грунтов для проведения измерений объясняется следующими соображениями: аскан-глина и иольдиевая глина как мономинеральные глины были взяты с целью получения данных для двух самых распространенных в природных грунтах минералов – гидрослюды и монтмориллонита, а лёссовидный суглинок был выбран как полиминеральный грунт, отличающийся большой неоднородностью минерального и гранулометрического состава.

Интенсивность поглощения энергии волн в среде может характеризоваться либо длиной затухания волн (длина поглощения), либо показателем поглощения.

Таблица 1

Характеристика исходных образцов

Образец	Место отбора	Породообразующие минералы	Содержание (в %) при диаметре фракций, мм					
			0,25–0,1	0,1–0,05	0,05 0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	0,001
Аскан-глина	с. Аскана, Грузия	Монтмориллонит	0,76	4,76	0,82	1,05	21,63	70,98
Иольдиевая глина	г. Кемь, Карелия	Гидрослюда	–	1,50	4,50	2,00	16,20	75,80
Средний лёссовидный суглинок	с. Шелоболиха, Новосибирская обл.	Кварц, полевой шпат, карбонат, смешанно-слойные гидрослюда, каолинит, монтмориллонит	0,12	12,71	40,88	7,62	10,95	27,80

Как известно, относительная доля поглощенной энергии выражается через эти коэффициенты следующим образом:

$$I_{\text{погл}}/I_0 = 1 - \exp(-\mu x) = 1 - \exp\left(-\frac{2\pi\kappa x}{\lambda_0}\right),$$

где I_0 – интенсивность (мощность) падающего излучения; $I_{\text{погл}}$ – интенсивность поглощенного излучения; λ_0 – длина волны излучения в вакууме; x – толщина слоя породы.

Измерения были проведены при комнатной температуре с помощью измерительной линии на низком уровне мощности, когда температура образцов в ходе измерений не изменялась. Результаты измерений показали, что характерная длина поглощения для всех грунтов по порядку величины близка к длине волны излучения, а показатель поглощения очень высок и составляет 0,1–0,2. Таким образом, было обнаружено, что рассматриваемые грунты интенсивно поглощают энергию СВЧ-волн и, следовательно, можно ожидать их интенсивного нагрева в поле СВЧ-излучения.

Изучение обжига образцов глин и лёсса с помощью СВЧ было проведено в прямоугольном волноводе стандартного сечения – 34×72 мм. Образцы в воздушно-сухом состоянии, имеющие прямоугольное сечение (20×20×20 мм), помещались в волноводе на кварцевой пластинке и были ориентированы таким образом, что ось образцов была перпендикулярна оси волновода. Мощность СВЧ-излучения регулировалась ступенями через 200–300 Вт. При каждом

значении мощности образцы выдерживались 5 мин. В ходе экспериментов было обнаружено, что независимо от состава образцов повышение мощности выше 1,5 кВт приводит к быстрому разогреву образцов до яркого свечения. После такой обработки (в течение 25 мин) образцы глин и лёсса расплавлялись и превращались в стекло. При мощностях 600–800 Вт происходил высокотемпературный обжиг пород и превращение их в керамику, при мощностях 100–200 Вт происходил обжиг грунта (табл. 2).

Непосредственных измерений температуры образцов при нагревании не проводилось. Данные о температуре получены на основании изучения фазового перехода глинистых минералов.

Таким образом, возможность эффективного нагревания грунтов в СВЧ–потоке была установлена на природных грунтах различного литологического состава. Столь интенсивное поглощение энергии СВЧ–волн рассматриваемыми грунтами, по–видимому, может быть связано с их тонкодисперсной структурой и наличием в них, даже в сухом состоянии, связанной воды.

Рассмотрим теперь основные особенности нагрева породы с помощью СВЧ–волн, определяемые физическим механизмом выделения энергии СВЧ–излучения в породе.

В существующих термических способах закрепления грунтов передача тепла от источника нагревания в глубь образца происходит от слоя к слою постепенно за счет теплопроводности грунта, а поскольку грунты обладают очень низкой теплопроводностью, обычно имеются большие конвекционные потери тепла на поверхности грунта и эффект нагревания оказывается малым.

При облучении грунта потоком СВЧ–энергии (длина волны излучения в диапазоне 1–30 см) поглощение СВЧ–излучения происходит сразу на всю глубину, равную длине волны излучения, и при этом происходит нагрев по всему объему облучаемого образца. Таким образом, удается поднять температуру грунта до 2000° за 20–25 мин с помощью относительно невысоких плотностей мощности потока СВЧ–излучения.

Таблица 2

Результаты нагревания грунтов в СВЧ–потоке

Мощность, Вт	Плотность мощности, кВт/м^2	Продолжительность нагрева, мин	Продукты нагрева	T, °C
200–400	100–200	5–10	Обожженный грунт	500–600
600–800	300–400	10–15	Керамика	Выше 1000
1500	750	25	Стекло	Выше 2500

Эта возможность обеспечивается также низкой теплопроводностью грунтов. Значения теплопроводности для ряда грунтов характеризуются очень низкими величинами: для суглинков – 0,00033, для супесей – 0,00047 кал/см·с·град (Сергеев, 1959).

Низкая теплопроводность грунтов, являющаяся отрицательным фактором при их закреплении ранее известными способами, обусловливает положительный эффект при СВЧ-способе: она резко снижает конвекционные потери тепла через поверхность и обеспечивает использование практически 100% энергии СВЧ-волн для нагрева породы. Например, оценки потерь тепла за счет теплопроводности грунта показывают, что при плотности мощности 30–40 Вт/см^2 стенка грунта толщиной 1 мм может поддерживать перепад температуры

$$T = T_0 = \frac{q}{\lambda} d = \frac{10}{5 \cdot 10^{-4}} \cdot 0{,}1 = 2000°C,$$

где q – плотность потока мощности, кал/см·с; λ – теплопроводность грунта, кал/см·с·град; d – толщина образца, см.

При данном способе в зависимости от уровня СВЧ-мощности возможно осуществлять различные технологические операции: осушение, низкотемпературный обжиг, высокотемпературный обжиг, спекание и остеклование. Способ может быть применен для грунтов различных литологических типов – хорошо воздухопроницаемых лёссовых пород и слабо воздухопроницаемых глин.

СВЧ-способ закрепления грунтов легко осуществим технологически, это бесконтактный способ. Воздействие на грунты может быть сделано на значительном удалении СВЧ-генератора от облучаемого объекта (в среднем 1–20 м и более), если использовать различного рода фокусирующие антенны. Важным моментом способа является возможность практически безынерционно изменять режим облучения в процессе воздействия на породу. Это достигается регулировкой уровня мощности излучающего генератора за счет изменения режима его работы или изменением фокусировки потока СВЧ-волн.

Простейшая схема воздействия СВЧ-излучения на грунт (см. рисунок) выглядит следующим образом: СВЧ-излучение с выхода генераторной лампы *1* с помощью передающей линии *2* поступает на антенну *3*. Антенна служит для формирования волнового фронта излучения, посылаемого на объект *5*. Вентиль или циркулятор *4* предусмотрен для защиты генератора от отраженных волн. Конструкция излучающей СВЧ-системы выбирается в зависимости от технологической задачи. Например, для закрепления грунтов в земляном полотне при строительстве дорог или при закреплении откосов необходимы мощные передвижные установки, излучающая система должна быть самоходной, т.е. установлена на автомобильном или тракторном шасси.

При оценках энергозатрат следует обратить внимание на то, что потерями тепла за счет теплопроводности можно пренебречь, если обжиг ведется на глубину, большую 10 см. В этом случае затраты

Блок-схема установки
1 – генератор СВЧ; *2* – передающая линия; *3* – антенна; *4* – вентиль или циркулятор; *5* – объект

энергии идут на доведение соответствующего объема грунта до нужной температуры. С учетом КПД СВЧ-генератора они, очевидно, составят:

$$W = C_v \Delta T \eta^{-1},$$

где C_v – теплоемкость; Δ – объемный вес; T – изменение температуры грунта.

Принимая $C_v \approx 0{,}2$ кал/г·град, $\Delta = 2$ г/см^3, $T = 1500^\circ$C и $\eta = 0{,}5$, получим $W = 1400$ кВт·ч/м^2.

Таким образом, при глубине закрепляемого участка 20 см энергозатраты составят около 300 кВт·ч/м^2.

Как мы видим, сделанные оценки исходят из значений КПД СВЧ-генераторов 50%, тогда как реально оно может быть доведено до 90%. Мы исходили также из необходимости высокотемпературного обжига до 1500°С. Между тем в целом ряде случаев, видимо, можно ограничиться прогревом до 700–1000°С, что также снижает общие энергозатраты в 1,5–2 раза. Наконец, взятая нами при оценке величина объемной мощности грунта 2 г/см^3 также завышена. Отсюда следует, что приведенные выше оценки энергозатрат имеют двукратный, четырехкратный запас.

Для закрепления больших площадей грунта потребуются значительные энергозатраты. Однако следует отметить, что рассматриваемый метод в принципе обладает высоким энергетическим КПД и значительной экономической эффективностью, так как он позволяет значительно повысить КПД процесса закрепления грунтов по сравнению с известными термическими способами закрепления благодаря высокой поглощающей способности грунтов в СВЧ-диапазоне длин волн и концентрированному выделению энергии СВЧ-волн в нужном объеме грунта. Важным является и тот факт, что КПД современных СВЧ-генераторов высок и составляет 60–90%.

Говоря о перспективах применения СВЧ-способа закрепления грунтов в народном хозяйстве, можно сказать, что сфера применения способа может быть довольно широкой.

Эффективные результаты могут быть получены при применении СВЧ-способа закрепления в борьбе с развитием склоновых процессов. Как известно, в результате хозяйственной деятельности человека происходит развитие и активизация таких неблагоприятных природных явлений, как оползни, обвалы, сели. Огромные масштабы развития этих явлений во многих странах представляют серьезную угрозу и требуют создания качественно новых способов укрепления склонов. СВЧ-способ, позволяющий закреплять породы в условиях их естественного залегания при значительном удалении от СВЧ-генератора, может быть применен для закрепления рыхлых склоновых отложений в селе-оползнеопасных районах, и особенно таких, где в условиях горного рельефа применение других способов невозможно. Важным обстоятельством является и тот факт, что в зависимости от конкретной задачи способ позволяет применять различные конструктивные решения – создание сплошных покрытий, покрытий в виде отдельных полос, покрытий в виде сетки, подпорных стенок, устройство свай и т.д.

Данный способ может найти широкое применение при укреплении откосов насыпей, выемок, карьеров и каналов, а также для укрепления стенок тоннелей и поздемных переходов. Можно ожидать хороших результатов при применении СВЧ-способа закрепления в дорожном и аэродромном строительстве для устройства покрытий и оснований, особенно важно его применение для закрепления слабых грунтов.

Оценивая положительные стороны метода, следует сказать, что он является совершенно нетоксичным, его использование не будет способствовать загрязнению окружающей среды.

ABSTRACT

The problem under consideration is the possibility of using microwave energy for heating soils with the purpose of drying, high and low temperature firing and melting.

The results of measuring of sm diaposon waves adsorbing in clays and loesses are given and they demonstrate the fact that the length of adsorbing appears to be equal to the length of the radiation wave.

Volumetric radiation of microwave energy in soil and their low thermal conductivity affords to heat soils affectivly up to 2000–2500°C through the depth of 30 – 50 sm. In the paper there are given the results of laboratory firing of clays and loesses using power of dendity up to 750 Kwt/m^2.

The paper includes the evaluation of energy expenditure for different regimes taken for firing of typical soils. It is shown that the specific energy expenditure are of 1500 Kwt/m^3.

The possibilities of heating soils using microwaves for their consolidation in mountaneus areas, for resisting to mass movements, for consolidation of hollow slope, chanals, for ground road bed is discussed here.

ЛИТЕРАТУРА

Литвинов И.М. Основные требования к проектированию и производству работ по термическому укреплению грунтов. Киев, Госстройиздат, 1959.
Сергеев Е.М. Грунтоведение. Изд-во МГУ, 1959.
Филатов М.М. Стабилизация дорожных грунтов прогревом, солями, битуминозными, дегтевыми и другими материалами. – Сб.: Стабилизация грунтов. М., Глав.упр.шоссейных дорог, ДОРНИИ, 1938.
Шибакова В.С. Способ укрепления грунта. Авт. свид. № 444856. – Бюл. "Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки", 1974, № 36, с.75.

В. Н. НОВОЖИЛОВ, М. С. КОТОВА

ОХРАНА ПРИРОДНЫХ ВОД ПРИ ОТКРЫТОМ СПОСОБЕ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Рудничные воды и их влияние на загрязнение поверхностных водотоков. Воды, стекающие и откачиваемые из пределов шахт и карьеров, загрязняют реки, озера, водохранилища и другие водоемы твердыми минеральными взвесями. Изучение степени загрязнения поверхностных водотоков при сбросе в них рудничных вод, обогащенных твердыми взвесями, проводилось в районе шести действующих карьеров с охватом бассейна пяти рек на общей площади более 300 км^2. Ниже приведены данные наблюдений за твердым расходом по трем наиболее крупным карьерам (табл. 1).

Анализ этих данных показывает, что содержание в рудничных водах твердых взвесей изменяется в широких пределах и в единичных случаях достигает 32 г/л; довольно часто встречались воды с содержанием 12–15 г/л. Особенно высокое содержание твердых взвесей в водах по всем карьерам было отмечено в 1967 г., до начала планомерных работ на карьерах по внутрикарьерному регулированию поверхностного стока и строительства специальных отстойников. Ввод в строй отстойников на руднике А (осень 1968 г.) и руднике Б (осень 1969 г.) резко снизил степень загрязнения рудничных вод (рис. 1).

Содержание твердых взвесей в поверхностных водотоках при сбросе в них неочищенных рудничных вод возрастало в 10 и даже в 20 раз.

Для снижения степени загрязнения поверхностных водотоков был разработан комплекс мероприятий по снижению и предотвращению загрязнения рудничных вод.

Мероприятия по снижению и предотвращению загрязнения рудничных вод. Исследования по шести действующим карьерам в рассматриваемом районе позволили выделить три группы мероприятий по снижению и предотвращению загрязнения рудничных вод: 1) про-

Таблица 1

Содержание твердых взвесей в рудничных водах и поверхностных водотоках

Место отбора проб	Содержание твердых взвесей, мг/л								
	1967 г.			1968 г.		1969 г.			1970 г.			
	максимум	минимум	среднее	максимум	минимум	среднее	максимум	минимум	среднее	максимум	минимум	среднее
Рудник А												
водосборник насосной	4224	6	124	125	7	73	680	1	38	334	8	24
отводная канава	32000	20	280	7000	35	124	1960	8	70	224	6	38
река 1 ниже сброса рудничных вод	210	4	30	312	10	42	49	1	6	15	1	4
река 1 выше сброса рудничных вод	20	1	4	34	1	4	41	1	4	12	1	3
Рудник Б												
водосборник насосной	468	7	146	492	20	139	286	9	74	201	15	53
отводная канава	6000	162	304	1077	13	217	1594	20	72	145	15	47
река 2 ниже сброса рудничных вод	133	2	14	408	1	18	60	1	10	20	5	14
река 2 выше сброса рудничных вод	92	Сл.	7	89	1	10	56	1	9	20	5	14
Рудник В												
водосборник насосной №1	2530	12	140	165	8	47	12919	1	36	194	13	24
отводная канава № 1	3621	47	336	318	14	51	1596	2	40	319	4	68
отводная канава № 2	3740	10	128	11284	18	77	3527	25	60	287	38	154
водосборник насосной №2	2354	1	25	160	4	38	247	4	38	223	3	77
река 3 ниже сброса рудничных вод	1766	2	38	116	12	29	40	4	10	28	4	10

Примечание. Пробы воды отбирались ежемесячно в один день одновременно по всем пунктам.

филактические; 2) мероприятия по регулированию внутрикарьерного стока и 3) мероприятия по предупреждению размыва дна и стенок водоотводящих и внешних отвалов.

Задача профилактических мероприятий – снижение общего количества воды, поступающей в выработанное пространство, решается путем устройства заградительного дренажа (перехват наиболее водообильных горизонтов посредством открытых траншей, поглощающих и водопонизительных скважин и т.д.), а также путем регулирования поверхностного стока с водосборной площади в карьер.

Мероприятия по регулированию внутрикарьерного стока предусматривают снижение общего количества вод, обводняющих рабочие площадки, их перехват на пути движения к наиболее размываемым породам и предварительную очистку от грубых взвесей во временных внутренних отстойниках.

При планировании горных работ на действующих карьерах применяют: перехват вод, высачивающихся на откосах уступов и рабочих площадках, канавами и отвод их во временные отстойники; устройство временных отстойников (2–3 отстойника емкостью 5–8 тыс.м^3) в пределах выработанного пространства; увеличение объема водосборников станций и превращение их в постоянно действующие отстойники.

Комплекс упомянутых выше мероприятий, внедренный на действующих карьерах в исследуемом районе, хотя и позволил в ряде случаев снизить содержание твердых взвесей в 5–6 раз, но не решил

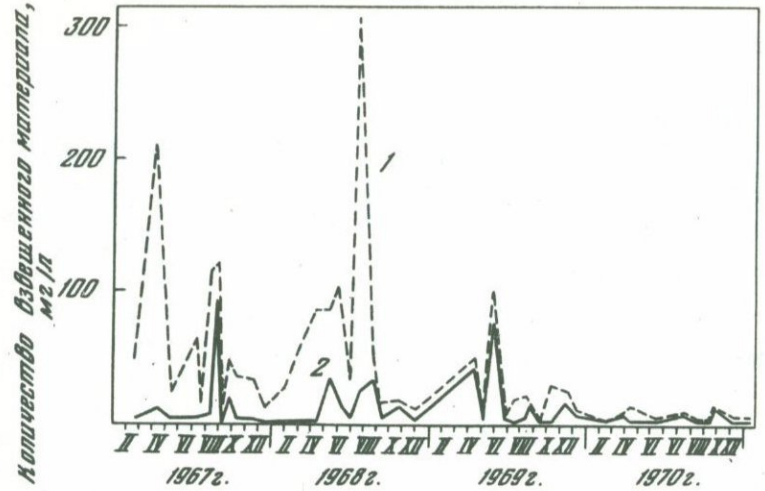


Рис. 1. Изменение во времени содержания взвешенного материала в воде реки 1

1 – выше сброса рудничных вод; *2* – ниже сброса рудничных вод

проблемы в целом – степень загрязнения вод, откачиваемых из карьеров, оставалась все еще высокой.

Поэтому на втором этапе охраны поверхностных вод от загрязнения апробировано три способа: осветление в специальных отстойниках; осветление с применением химических реагентов, вводимых в воду; обработка воды в специальных резервуарах – очистителях с последующим осаждением взвешенного материала.

Таблица 2

Характерные содержания взвешенного материала в рудничных во

Место отбора пробы	1967–1968 гг.			1969–1970 гг.				
	минимум	максимум	среднее (медианное)	минимум	максимум	среднее (медианное)	минимум	
На входе в отстойник	13	5251	293	13	1594	52	13	
На выходе из отстойника	6	204	24	1	84	24	10	

Осветление в отстойниках. Одним из радикальных и наиболее дешевых методов очистки рудничных вод является осветление их в специальных отстойниках. В исследуемом районе были проведены наблюдения за работой двух отстойников.

В качестве первого отстойника был использован отработанный карьер с полезным объемом около 200 тыс. $м^3$.

Оценка эффективности работы отстойника проводилась путем сравнения содержания твердых взвесей на входе и выходе воды из отстойника (табл. 2). Анализ этих данных показывает, что содержание взвешенного материала в процессе отстаивания снижалось в среднем в 2–6 раз, причем в начальный период работы отстойника нередко отмечалось 50-кратное снижение, что, по-видимому, связано с более высоким содержанием взвешенного материала в рудничных водах в первые два года его эксплуатации, когда внутрикарьерного регулирования стока еще не проводилось.

Среднее медианное содержание взвешенного материала на выходе из отстойника за четырехлетний период наблюдений составило 24 мг/л, что для данной климатической зоны является вполне удовлетворительным.

Второй отстойник был спроектирован с участием авторов статьи. Он представляет собой выемку трапецеидального сечения длиной 135 м, шириной по верху 50 м, по низу – 20 м и глубиной от 6,6 до 7,7 м; объем воды составляет около 30 тыс. $м^3$. Борта и дно отстойника сложены слабо водопроницаемыми валунными суглинками. В отстойник поступает около 200 $м^3$/ч воды, а при ливневом выпадении осадков и весеннем снеготаянии – до 2400 $м^3$/ч.

В процессе заполнения отстойника содержание взвешенного материала в рудничных водах изменялось от 12 до 1550 мг/л (среднее по 9 пробам 334 мг/л). Анализ наблюдений показывает, что содержание твердых взвесей в воде после отстаивания уменьшается

дах отстойника рудника Б, мг/л

Холодный период –1970 гг.		Теплый период 1967–1970 гг.			За весь период 1967–1970 гг.		
максимум	среднее (медианное)	минимум	максимум	среднее (медианное)	минимум	максимум	среднее (медианное)
3923	68	13	5251	96	13	5251	96
68	24	1	204	24	1	204	24

в 2–5 раз, а иногда и в 50–80 раз. Среднее медианное содержание твердых взвесей на выходе из отстойника составляет 14 мг/л и лишь в единичных случаях превышает 50 мг/л.

Таким образом, в условиях двух конкретных карьеров очистка рудничных вод от твердых взвесей посредством отстойников является эффективной, что позволяет сбрасывать воды из отстойников в поверхностные водотоки и водоемы без опасения ухудшить их качественную характеристику.

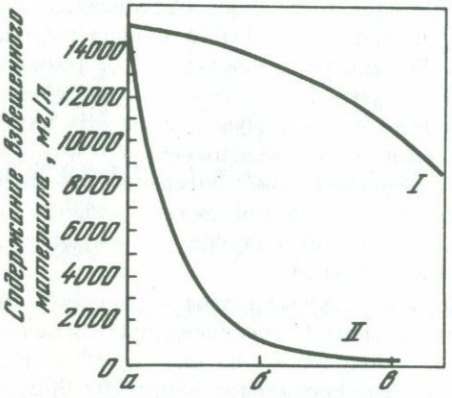


Рис. 2. График изменения содержания взвешенного материала в процессе обработки воды в электрокоагуляторе непрерывного действия, производительностью 9 м^3/ч

Пробы: *а* – исходная, *б* – на выходе из коагулятора; *в* – после дополнительного отстаивания в течение 1 ч; I – естественное отстаивание воды; II – вода, обработанная в электрокоагуляторе

Обработка воды в специальных резервуарах-очистителях. В тех случаях, когда рудничные воды содержат большое количество тонкодисперсных и коллоидных взвесей, естественное отстаивание становится малоэффективным. Здесь возможны два способа очистки: введение в воду химических коагулянтов или обработка воды постоянным электрическим током в специальных приборах электрокоагуляторах-осветлителях. Ниже приводятся данные только по обработке воды в электрокоагуляторах (рис. 2).

В связи с возможностью применения электрокоагуляторов-осветлителей для очистки рудничных вод было разработано и построено четыре типа приборов; все они опробованы на карьерах в полевых условиях. В статье приводятся данные по очистке воды в электрокоагуляторе-осветлителе проточного действия (Новожилов, Котова, 1973).

Исходное содержание взвешенного материала в рудничных водах в процессе опытных работ изменялось в широких пределах: 50–70;

Таблица 3

Результаты очистки воды в электрокоагуляторе непрерывного действия

Производительность электрокоагулятора, $м^3/ч$	Содержание взвешенного материала, мг/л				Осветление, %
	исходное	после естественного отстаивания	на выходе из коагулятора	после дополнительного отстаивания в течение 60 мин	
9	68	48	40	8	98
12	70	44	42	33	53
15	55	49	45	38	44
9	688	370	206	47	94
12	680	355	258	69	90
15	694	386	309	84	88
18	694	386	410	97	86
20	710	420	570	98	87
9	7500	3520	1076	50	99,4
12	7392	3480	1488	59	99,2
15	7520	3560	1510	64	99,3
18	7430	3490	1620	72	99,1
9	15083	9816	688	54	99,8
12	15080	9640	760	70	99,6
18	15063	9653	11712	89	99,4

500–700; 1500–1700 и 7000–15 000 мг/л. Время обработки воды в электрокоагуляторе изменялось от 5 до 25 мин. Опыты проводились при расходе воды, равном 9, 12, 15, 18 и 20 $м^3/ч$.

Результаты проведенных исследований (табл. 3; рис. 2) показывают, что при режиме работы электрокоагулятора 9–12 $м^3$ и последующем дополнительном отстаивании обработанной воды в течение 60 мин достигается ее очистка от взвешенного материала на 98–99,6%, при этом конечное содержание в воде твердых взвесей редко превышает 50 мг/л.

Опыт разработки месторождений полезных ископаемых в исследуемом районе показывает, что защита природных вод от загрязнения должна являться составной частью горного производства; при относительно простых и недорогих мероприятиях можно сохранить поверхностные водоемы чистыми.

ABSTRACT

The problem of natural water conservation at mining mineral deposits by open-cast method is considered in this report; the results of water pollution in three larger quarries in Tichvin mining industrial region are given and the role of these waters is shown in natural water pollution. Here you can see measures on reducing and preventing ore waters and on their cleaning in settlers and in special installationselectrocoagulators.

ЛИТЕРАТУРА

Новожилов В.Н., Котова М.С. Об очистке воды циркуляционной системы от твердых взвесей. Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Проблемы горной теплофизики". Л., Изд. Ленинградского горного института, 1973 (ротапринт).

ПРОБЛЕМЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ АРИДНОЙ ЗОНЫ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая часть сборника подготовлена гидрогеологической секцией Национального комитета геологов СССР к XXV сессии Международного геологического конгресса.

В соответствии с основной гидрогеологической тематикой данного Конгресса статьи советских гидрогеологов представлены в трех разделах.

Первый раздел посвящен общим вопросам формирования подземных вод в аридных районах вообще и их ресурсов – в частности. Здесь рассмотрены закономерности распространения подземных вод и их роль в народном хозяйстве, а также сформулированы основные научные задачи изучения подземных вод засушливых областей.

Во втором разделе рассмотрены особенности естественного питания подземных вод в аридных районах, методы оценок эксплуатационных запасов подземных вод в условиях их искусственного восполнения, а также оцениваются гидрогеологические предпосылки возможности искусственного восполнения ресурсов подземных вод в различных природных условиях и роль подземных вод в развитии ирригации и дренажа в СССР.

Статьи третьего раздела посвящены методам определения гидрогеологических параметров водоносных горизонтов, исследованиям влагопереноса в зоне аэрации, особенностям метематического моделирования гидрогеохимических процессов, а также вопросам теории фильтрации подземных вод в сложных гидрогеологических условиях, изучения загрязнений подземных вод и анализа их генезиса.

Публикуемые материалы далеко не полностью охватывают основные проблемы гидрогеологии аридной зоны. Однако обсуждение затронутых в них вопросов будет представлять большой интерес как для решения практических задач, стоящих перед гидрогеологами, так и для дальнейшего развития теоретических основ гидрогеологии.

В задачу Конгресса входит обсуждение различных точек зрения, их критический разбор в целях выработки научно обоснованных позиций в рассматриваемых гидрогеологических проблемах аридной зоны.

Статьи данной части сборника рассчитаны на широкий круг специалистов гидрогеологов, мелиораторов, водохозяйственников и других специалистов, связанных в своей деятельности с использованием подземных вод.

ОБЩИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АРИДНЫХ ОБЛАСТЕЙ

В. Н. КУНИН

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ АРИДНОЙ ГИДРОГЕОЛОГИИ

В свое время, имея не одно десятилетие опыта работы гидрогеолога в аридных регионах, я попытался создать отдел аридной гидрогеологии. Однако в специализированном гидрогеологическом институте мне разъяснили, что есть по существу одна гидрогеология; законы физики, химии, математики и т.п., управляющие ею, одинаковы повсюду. Я же считал и считаю, что природные условия, определяющие формирование, движение и расходование самых важных для человечества подземных вод – питьевых и близких к ним по качеству – столь различны, что, несмотря на общность основных законов, управляющих процессами формирования вод, методы изучения, оценки и способы оптимального использования водных ресурсов, скажем, в зоне вечной мерзлоты, во влажной, холодной лесной зоне, в зонах тропиков и пустыни (собственно аридной зоне) также различны.

Всеобщность гидрогеологических методов распространяется только на глубокие, как их называют, "застойные", высокоминерализованные воды, практически не участвующие в заметных количествах в общем круговороте воды. Если, конечно, такие воды вообще существуют.

Одним из типичных народных сооружений для получения пресной воды в аридной зоне является "кяриз" или "кягриз". В разных странах эта подземная дренажная галерея называется по-разному. Наиболее распространены, по-видимому, иранский термин "канат" (кстати, в Иране кяризов больше, чем в любой другой стране) и различные производные от древнеримского "фогарриум".

Лучшая работа, где подробно описана традиционная техника их сооружения в "доинженерный" век, издана в России в конце XIX в. (Цимбаленко, 1896). Здесь нам важно отметить, что границы распространения кяризов совпадают с границами аридных подгорных равнин, иногда даже очень пологих. Попытка наметить переходы от простейших открытых дренажных канав в суходолах полупустыни или от примитивных каптажей родников до грандиозных кяризных галерей глубиной в многие десятки метров и длиной в десятки километров была сделана давно (Кунин, 1956, 1968).

В гидравлическом отношении дебит кяризов не поддавался расчету общепризнанными методами, насколько мне известно, лишь в двух случаях: когда голова кяризной галереи упиралась в сбросное нарушение, по которому восходили струи воды, попадая в галерею, и когда вместо порового водоносного горизонта пролювиальная толща оказывалась плотно оцементированной и водопроводящими "каналами" оказывались трещины в глинистом цементе.

В первой пятилетке была сделана попытка дать сравнительную оценку стоимости воды. Кяризная вода оказалась одной из самых дешевых, так как отнесенные к большому сроку затраты делают стоимость воды очень низкой.

Однако известно, что лишь немногие из кяризов работают более или менее безотказно дольше жизни одного поколения. Обычно кяриз требует сооружения обводной галереи из-за обвалов; иногда обвалы так велики, что безопаснее пробивать параллельно новую галерею. Но чаще всего выход кяриза из строя объясняется чисто гидрогеологическими причинами: происходит постепенная сработка уровня воды в области влияния. Так как уклоны галерей ничтожны (порядка $0{,}000n$–$0{,}0000n$ м – в противном случае протяженность подземной транзитной части галереи будет неоправданно длинной), то приходится рядом пробивать параллельную галерею на всю длину кяриза с более глубоким заложением водозаборной (собственно дренажной) части галереи.

Другая причина снижения дебита кяризной галереи – закупорка пор углекислым кальцием. Неграмотные строители кяризов отлично понимали эти причины и в последнем случае пробивали только новую водозахватную часть галереи, которая, как правило, короче всей подземной части кяриза.

Скважинный водозабор с самоизливом или насосным подъемом нанес смертельный удар кяризам. Мне приходилось видеть инженерные гидротехнические проекты, связанные с орошением в кяризных районах, авторы которых даже не знали термин "кяриз". Между тем еще много лет в аридных областях стран Востока кяризы будут иметь важнейшее значение для орошения и бытового водоснабжения.

Рассмотрим типичный для аридных зон источник водоснабжения и оценим стоимость его воды в зависимости от времени существования источника.

Представьте себе средневековую сардобу – капитальное кирпичное хранилище для воды, стекающей с окружающего такыра. Объемы таких хранилищ различные – от немногих сотен кубометров до нескольких тысяч. В любом случае они ежегодно по нескольку раз или, по крайней мере, раз в год заполняются дождевой водой. Расчетам эфемерного стока в аридных зонах посвящены специальные работы для пустынь Сахарских районов, пустынь Среднего Востока и Средней Азии. Столетиями сардобы обеспечивали пастухов с их стадами и проходящие караваны, а теперь – пассажиров автомашин отличной пресной водой (причины, объясняющие, каким образом в сардобах длительное время сохраняется высокое качество воды, опуб-

ликованы). Естественно, при этом амортизационные сроки у сооружений столь велики, что воду следует считать практически бесплатной.

А теперь представьте себе, что сардобу строит животноводческий совхоз. По нашим правилам, все затраты следует отнести на стоимость продукции в год, когда произведены затраты. Стоимость продукции сразу настолько повышается, что руководители хозяйства предпочтут не осваивать и не обводнять пастбища. Примеров этого немало.

Так что и гидрогеологи крайне заинтересованы в создании объективных экономических критериев.

Но самый специфический гидрогеологический феномен аридной зоны был показан при изучении песчаной пустыни.

На территории в несколько сот тысяч квадратных километров Каракумов фиксируется поток грунтовых вод, идущий с востока на запад. Главное его питание – русловые потери из Амударьи. Лишь в узкой полосе долины зона аэрации измеряется малой глубиной, где капиллярная кайма близка от дневной поверхности. Солончак Келькор к югу от г. Небит-Даг, замыкающий каракумский поток грунтовых вод, не в состоянии сбалансировать расходную часть этого потока, и тем не менее поток западнее Келькора не существует. Куда же исчезает вода этого потока?

Изучение гидрогеологических условий в широком природном комплексе показало, что на огромной площади при глубине зеркала в десятки метров и песчаном, т.е. хорошо аэрируемом, составе зоны аэрации испарение может идти со всей площади потока. Величина эта небольшая, речь идет о нескольких миллиметрах слоя воды в год, но, поскольку процесс определяется геологическими временными и пространственными масштабами, результат оказывается поразительным. Процесс внутригрунтового испарения, как мы его в свое время назвали, теперь рассматривается как нормальное явление в гидрогеологии аридной зоны. Мало этого, не учитывая этот процесс и поступление минерализованной воды в поток грунтовых вод из высоконапорных артезианских горизонтов снизу (не только по тектоническим нарушениям, но и за счет избыточного давления через водоупорное ложе на огромной территории), нельзя составить водный баланс территории Каракумов.

Внутригрунтовое испарение и поступление вод из подстилающих горизонтов влияют односторонне на рост минерализации, отсюда высокое засоление грунтовых вод Каракумов.

Однако самым удивительным в водном балансе и водном хозяйстве[1] Каракумов является (или недавно являлось) наличие большого числа колодцев с пресной водой, обеспечивающих многомиллионное

---

[1] Мне представляется невозможным рассматривать так называемый водохозяйственный баланс отдельно от суммарного водного баланса.

поголовье скота, десятки кочевых аулов и несколько стационарных. Все это – на огромной площади, где почти нет природных пресных вод. Об этом писалось достаточно.

Напрасно американские инженеры указывают точную дату и фирму, которая открыла новую эру в современном водоснабжении, начав операции по искусственному восполнению подземных вод. Слов нет, эта техника дала поразительные результаты и позволила в ряде районов США справиться, казалось бы, с безнадежным истощением подземных вод.

Но изобретена эта техника была задолго до этого и широко применялась за сотни лет до открытия Америки европейцами. Мало того, если у американцев в первые годы развития этой техники (кстати, в Швеции и еще кое-где инженерная техника искусственного обогащения подземных вод поверхностными также началась раньше, чем в США) речь шла только о восполнении истощенных ресурсов, то жители пустыни, собирая воду с глинистых водосборов и погружая ее в зону аэрации, заново формировали линзы пресных вод, плавающих на соленых. Местные умельцы с поразительным мастерством управлялись с системой погружения, очистки котлованов и колодцев, последовательной сменой использования последних, чтобы дольше сохранить пресную воду (для водопоя использовались колодцы с солоноватой водой, расположенные в зоне смешения линзы, для питья – колодцы, расположенные в наиболее пресной части линзы) и т.д.

Сейчас это мастерство утрачивается или утрачено. На смену ему идут инженерные решения. Я вовсе не против инженерных решений, но я против того, что инженеры не имеют ни малейшего представления о народной мудрости, создававшейся столетиями. В очень многих случаях при решении небольших водохозяйственных задач можно использовать опыт народа, улучшенный инженерными средствами, что обходится в десятки раз дешевле. Ведь от того, что на какое-нибудь удаленное пастбище проложена водопроводная труба, нагрузка на пастбище не увеличится, так как кормовая емкость останется по-прежнему низкой. Нет экономического смысла интенсифицировать инфраструктуру, если основное хозяйство остается экстенсивным. Кроме убытков это ничего не даст.

И еще один любопытный факт. Эти подтакырные линзы, обеспечивавшие в свое время самую выгодную тогда отрасль сельского хозяйства – крупное отгонное каракульское животноводство – занимают столь малую составляющую водного баланса региона, что едва ли могут быть учтены современными методами.

Из других элементов водного баланса следует упомянуть атмосферные осадки. Если не брать экстрааридных условий, то в остальном песчаные пустыни всего пояса пустынь сходны: это либо заросшие пески – основа животноводства (малая продуктивность естественных, неулучшенных пастбищ уравновешивается их огромной площадью), либо голые пески – и тогда под ними обнаруживаются пресные воды.

Давно уже было высказано мнение, что все пресные воды местного питания в аридной зоне носят линзовый характер.

Так, в годы войны встал вопрос об использовании пресных вод Западного Узбоя в Каракумах. Мы тогда не знали, что это огромная линза, полагая, что имеем дело с окраиной потока, подстилаемой солеными водами. Перейти в районы более мощного развития пресных вод этого потока было невозможно по техническим причинам. Отбирать пресную воду с близким подстиланием соленых без геологического разграничения (единичный песчаный горизонт с удовлетворительными коэффициентами фильтрации) неизбежно означало вторжение соленых вод.

Мы предложили двойной выбор – пресную воду для эксплуатации, а подстилающую ее соленую – на сброс для удержания границы раздела пресная – соленая вода на определенной глубине. Предполагалось, что отбор должен быть примерно равным по дебиту.

Когда спустя несколько лет гидрогеологи обнаружили здесь крупную плавающую линзу и квалифицированные гидравлики и теоретически, и экспериментально доказали, что для удержания границы раздела на безопасном расстоянии от водозаборных фильтров скважин с пресной водой надо отбирать на сброс в зависимости от реальных обстоятельств от 1/5 до 1/3 от забора пресной воды, экономика всего предприятия значительно улучшилась.

Как это часто бывает, вслед за Ясханской линзой были открыты в песчаных пустынях десятки таких же скоплений пресных вод.

Вообще "линзовое" водообеспечение стало одной из главных забот гидрогеологов, работающих в аридной зоне.

Незадолго до войны потребовалось обеспечить устойчивое водоснабжение крупного по тогдашним понятиям маслоэкспеллерного завода, намечавшегося вблизи Шавата. Шават – это большой межнациональный оросительный канал, пересекающий левобережную дельту Амударьи на протяжении сотен километров. Было предложено соорудить батарею скважин неподалеку от канала в пределах линзы пресных вод, формирующейся за счет русловых потерь из канала. Такое предложение обеспечивало получение чистой воды. Поскольку высокая мутность воды в канале исчезала в процессе фильтрации на расстоянии первых метров, воду из скважин можно было брать круглый год, тогда как ирригационная сеть всего Хорезма, включая и крупные каналы, закрывается ежегодно на довольно длительный срок. И, наконец, круглый год можно было отбирать воду с более или менее устойчивой температурой.

Такое простое, казалось бы, предложение вызвало тогда недоверие (если не больше), но, так или иначе, это был первый источник водоснабжения из приканальной линзы, разведанный современными инженерно-гидрогеологическими методами. Теперь это стало обычным явлением в практике решения задач поселкового и относительного некрупного городского централизованного водоснабжения в орошаемой зоне. Кое-где стали даже применять методы, искусственно стимулирующие усиление питания приканальных линз.

Мне кажется, что, оценивая перспективу дальнейшего использования для любых целей подземных вод, гидрогеологи должны быть готовы к разработке методов борьбы с вторжением соленых вод в зону активного водообмена из так называемых застойных горизонтов далеко не только в аридных зонах.

Так, основным методом борьбы с вторжением океанических вод в водоносные горизонты суши (вне связи с аридными условиями) за счет снижения в них напоров вследствие отбора подземных вод является нагнетание пресных вод вдоль береговой зоны для создания бугра (вала) пресной воды, изменяющего направление градиентов потока. Публикаций на этот счет множество. Однако я не знаю серьезных опытов по откачке на сброс профильтровавшейся океанической воды обратно в океан, что дало бы возможность не расходовать пресную воду.

Естественно, что на какой-то глубине прямое или косвенное воздействие аридной климатической обстановки исчезает или сильно уменьшается. Но на какой? Величайшая гидрогеологическая загадка – одни из крупнейших артезианских бассейнов с пресной и слабосолоноватой водой, занимающие значительную часть Алжирской и Ливийской Сахары и Нубийской (Западной) пустыни. Однако теперь как будто она уже решена. Изучение возраста подземной воды этих бассейнов показало, что вода здесь не моложе, а преимущественно древнее 8 тыс. лет. Стало быть, эти бассейны интенсивно восполнялись в ледниковое и ближайшее к нему послеледниковое время. Доля современного питания через горные (Атласские) системы невелика или отсутствует, прямое атмосферное питание создает маломощные залежи под голыми песками эргов.

Вообще от схем питания артезианских бассейнов, когда рисовали водоносные горизонты, проводящие воду из гор на равнину, ничего не осталось. Такая изящная и наивная простота в природе наблюдается, по-видимому, очень редко.

Вдоль всего Копетдага система надвигов гидравлически отрезает внутригорные подземные воды от подгорной равнины, в отложения которой изливается небольшой объем воды из карбонатных толщ мела по брекчиям надвигов. Ни капли пресной воды не проникает из Копетдага в напорные горизонты Амударьинского (каракумского) артезианского бассейна.

Пресные напорные воды кызылкумской части этого бассейна обязаны разрывным нарушениям, гидравлически связывающим горные или предгорные области погружения атмосферных (речных) вод с платформенными водоносными горизонтами. Причем основная масса пресной воды поступает на пересечениях разломов (см. статью Н.Н. Ходжибаева, Г.В. Куликова в настоящем сборнике).

Вдоль всего Восточного Тянь-Шаня мощные континентальные водоупорные толщи отгораживают высокогорные области питания от прилегающих равнин. Артезианские горизонты Джунгарии питаются через конусы выноса, сложенные грубым материалом и на коротких расстояниях поглощающие почти весь речной сток.

В гигантской горной цепи Куньлуня этот процесс выражен еще резче. Аридные условия в этой горной системе достигают большой высоты, но за пределы горной системы поступают весьма ограниченные объемы пресной воды, в основном за счет русловых потерь. Уже на некотором удалении от гор пресную воду можно обнаружить только вдоль редких здесь долин.

По-видимому, наиболее крупные объемы подземных вод (если не считать внутригорных систем) поступают в пределы равнин из горных сооружений Южного Казахстана.

В этой связи, естественно, возникает вопрос об использовании подземных "морей" (я считаю этот термин крайне неудачным в силу его непрофессиональности), столь длительно и многократно пропагандируемых казахскими гидрогеологами. Я полагаю, что "моря" требуют более серьезного обоснования. Если же их ресурсы таковы, как это оценивается сейчас, то каков экономический и водохозяйственный смысл переброски поверхностного стока без совместного его использования с подземными водами? Ведь даже небольшое снижение расчетной обеспеченности экономит государству большие средства.

Спецификой аридной зоны является также использование минерализованных вод в быту, для орошения и для технических нужд. За последние годы в мировой и советской литературе появилось на этот счет немало публикаций (Дунин-Барковский, Кунин, 1961; Бабаев, 1971).

Из многих неупомянутых специфических только для аридных зон гидрогеологических проблем мы коснемся только еще одной, связанной с орошением, - самым крупным и быстро растущим безвозвратным потребителем пресной воды. О нерациональном использовании воды в орошении столько говорят и пишут, что это, казалось бы, и неудобно повторять. Это борьба с фильтрационными потерями, оптимальные нормы орошения, новые совершенные системы поливов, борьба с вторичным засолением и дренаж, развитие орошения в более увлажненных от природы зонах, где лишь сравнительно небольшие добавки воды обеспечивают высокие урожаи культур, свойственные данным климатическим условиям, и многое другое. Возможность решения всех этих и им подобных вопросов определяется экономическими и техническими соображениями. Решение этих проблем необходимо, хотя многие, но далеко не все из таких вопросов даже не требуют особых научных исследований, поскольку они уже проведены.

Мы же коснемся проблемы, о которой почти не говорится и к которой надо готовиться по-серьезному. Дренаж - естественный спутник орошения. Хорошо, когда дренажные воды используются повторно. Коэффициент полезного действия использования воды резко возрастает. Однако использование дренажных вод становится все затруднительнее по следующим причинам:

1. Дренаж строится с сильным отставанием от оросительных систем. Это создает мнимую экономию. Ввод дренажных систем

после сильного подъема грунтовых вод и их засоления ведет к засолению дренажных вод и невозможности их использования, не говоря о том, что их часто некуда сбрасывать. Рассоление дренажных вод – длительный и дорогой процесс.

2. Растущая химизация делает дренажные воды токсичными и потому непригодными для использования. Пришла пора готовиться к такому орошению, которое использовало бы продуктивно всю или почти всю воду.

Мелиоративные проблемы, связанные с искусственным орошением, решаются на стыке трех наук и соответствующими специалистами: почвоведами–мелиораторами, инженерами–гидротехниками и гидрогеологами, знающими природу и местные условия. Лишь в редких случаях они понимают друг друга и действуют согласованно. Гораздо чаще картина обратная, что и определяет поразительно низкие научно–технические уровни (с точки зрения гидрогеологии) проектов, обычно усугубляющиеся при их реализации.

Без полного взаимопонимания, согласованности указанных направлений решение важных вопросов невозможно.

Нам представляется, что полное продуктивное использование оросительной воды возможно только на легких почвах с низкой влагоемкостью. Трудно понять, почему мелиораторы и растениеводы не заметили простой вещи: если над песчаной пустыней хотя бы раз в 10 лет проходят хорошие весенние дожди, то пустыня покрывается буйным ковром эфемеров и эфемероидов с общей биопродуктивностью, не меньшей, чем на орошаемых землях. Мириады семян потом лежат в почве и годами ждут нового буйного развития. Лишь один этот факт свидетельствует об огромных потенциальных возможностях легких песчаных почв при соответствующих подходах к их орошению.

Наблюдения в такие редкие влажные годы показали, что ни капли жидкой (гравитационной) влаги не ускользает ниже корневых систем. Парообразная же перегонка и конденсация никогда не создадут запасов воды, которую требовалось бы затем дренировать из зоны насыщения.

Площади легких песчаных почв в аридной зоне СССР (и не только СССР) очень велики. При мелиоративных оценках их считают "неудобными", т.е. непригодными для орошения. Однако колхозники Ферганы планируют внутриоазисные пески и получают на них отличные урожаи. А ведь пески в Фергане небольшие, зона насыщения лежит неглубоко, и большинство достоинств, которые обеспечивают пологоволнистые пески пустынь, в Фергане отсутствуют.

Пришла пора приступить к экспериментам в широких масштабах (дождевальное орошение с удобрениями, растворенными в дождевальном токе).

Очень важный, даже решающий элемент производительных сил – трудовые ресурсы – обеспечен, поскольку к большинству густонаселенных оазисов прилегают обширные пасчаные пространства.

ABSTRACT

The report deals with the problems of combining traditional popular and modern methods of using local water in the arid zone, problems of using fresh-water lenses, salt-water intrusion control, brackish water use and re-use of drainage water. Some regularities of fresh-water formation in desert regions are discussed.

ЛИТЕРАТУРА

Бабаев А.Г. Приоазисные пески как объект сельскохозяйственного освоения. – Проблемы освоения пустынь, 1971, № 4.

Дунин-Барковский Л.В., Кунин В.Н. Преобразования природы пустынь Средней Азии. – Изв. АН СССР, сер. геогр., 1961, № 5.

Кунин В.Н. Традиции сельского населения в пустынях Средней Азии в связи с проблемой водоснабжения. – В сб. "Вопросы географии". М., Изд-во АН СССР, 1956.

Кунин В.Н. Кяризы в районе Бавария-Богемия. – Проблемы освоения пустынь, 1968, № 2.

Цимбаленко Л.Н. Кяризы Закаспийской области. СПб., изд. Отдела земельных улучшений Петербурга, 1896.

Н. Н. ХОДЖИБАЕВ, Г. В. КУЛИКОВ

РОЛЬ КРУПНЫХ АРТЕЗИАНСКИХ БАССЕЙНОВ В АРИДНОЙ ЗОНЕ
(на примере Средней Азии)

Возможность использования крупных ресурсов подземных вод в условиях безводных пустынь Средней Азии имеет исключительно важное значение. Известно, что пресные подземные воды в рыхлых отложениях кайнозоя развиты только вдоль существующих поверхностных водотоков. На большей части пустынной территории, лишенной поверхностных вод, подземные воды верхнего водоносного горизонта сильно минерализованы и непригодны для практического использования. В таких районах важное значение приобретают водоносные горизонты артезианских бассейнов, залегающих на значительных глубинах, где нет ощутимого влияния аридных условий. Однако и здесь не везде развиты пресные подземные воды: зачастую они характеризуются региональным засолением.

Основной фактор, определяющий повышенную минерализацию подземных вод в артезианских бассейнах, – это медленная циркуляция подземных вод, замедляющая удаление погребенных (седиментогенных) вод. В результате даже слаборастворимые соли при контакте с подземными водами растворяются. И лишь на участках более

активной естественной дренированности, обеспечивающей бо́льшую скорость циркуляции подземных вод, развиты слабоминерализованные воды. Такие участки представляют важное поисковое значение.

Активная естественная дренированность, обеспечивающая циркуляцию подземных вод в артезианских бассейнах, может быть выражена различными литолого-фациальными или геолого-тектоническими факторами: характер водовмещающих пород, региональные естественные дрены, представленные зонами разломов, зоны развития карста и др.

Подземные воды артезианских бассейнов, развитые на значительных глубинах и не подверженные влиянию современных аридных условий, на отдельных участках активной циркуляции пригодны для хозяйственно-питьевого водоснабжения и орошения. В ненарушенных природных условиях питание подземных вод в артезианском бассейне относительно слабо и выражено исключительно медленным движением подземных вод и малыми гидравлическими градиентами (0,0005÷0,00001). Зоны разрывных тектонических нарушений (в большинстве случаев региональные дрены), оказывающие влияние на значительную часть артезианского бассейна, а иногда и на всю территорию бассейна, усиливают циркуляцию подземных вод. Происходит значительное увеличение объема пресных вод, поступающих в артезианские бассейны из современных областей инфильтрационного питания. Эти области находятся вне аридных условий. В результате дренирующего влияния зон разрывных тектонических нарушений в артезианском бассейне формируются пресные подземные воды. Происходит вытеснение из коллекторов соленых (седиментационных) и замещение их пресными водами, поступающими из областей современной инфильтрации.

Примерами такого формирования пресных вод под дренирующим воздействием зон тектонических нарушений в аридных условиях Средней Азии могут служить Устюртский и Амударьинский артезианские бассейны.

Актумсукская зона разрывных нарушений в пределах Северного Устюрта, снизив гидродинамические напоры подземных вод, обусловила увеличение гидравлических градиентов от области современной инфильтрации – г. Мугоджары. Усилилась циркуляция подземных вод, увеличились объемы поступающих в бассейны пресных вод из области инфильтрации. В результате воздействия Актумсукской зоны разрывных тектонических нарушений на гидродинамику Устюртского артезианского бассейна подземные воды его северной части почти до Актумсукской зоны стали слабоминерализованными, пригодными для хозяйственного использования (рисунок).

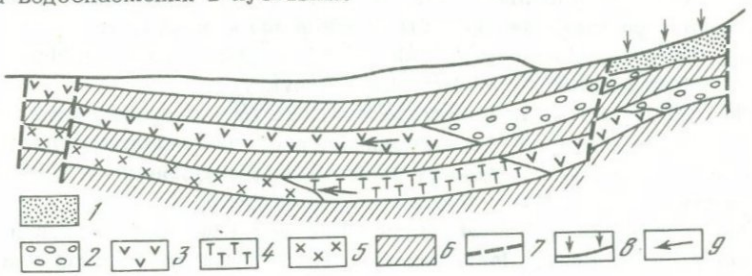
В Амударьинском артезианском бассейне гидрогеологические условия Бухарской и Чарджоуской тектонических ступеней различны в связи с дренирующим воздействием Бухарского тектонического разлома на гидродинамику бассейна. К зоне Бухарского тектонического разлома приурочены пьезоминимумы. Дренируя подземные воды, Бухарский тектонический разлом усилил циркуляцию подзем-

ных вод в бассейне и вызвал приток вод из области современной инфильтрации Нуратинских гор. Одновременно движение седиментогенных вод с юга в пределах Чарджоуской тектонической ступени ограничилось Бухарским разломом, т.е. ярко выраженная зона пьезоминимумов, проходящая вдоль Бухарского тектонического разлома, ограничила поступление седиментогенных вод в пределах Бухарской тектонической ступени.

Установлено, что региональные тектонические нарушения, являясь зонами интенсивной циркуляции подземных вод, существенно не влияют на гидродинамику артезианского бассейна. Раздробленные отложения в пределах зон тектонических нарушений наиболее проницаемы и промыты. Здесь происходит интенсивное движение подземных вод от областей современной инфильтрации в глубь бассейна. По зонам разломов в коллекторах формируются слабоминерализованные подземные воды. По гидродинамическим и гидрохимическим параметрам они резко отличаются от подземных вод, развитых в коллекторах вне зоны разлома, а также в непосредственной близости (300–500 м от разлома). Создается представление о существовании в пределах зоны разлома обособленного потока подземных вод, без гидродинамической связи с прилегающими участками артезианского бассейна.

Таким образом, установлено, что в артезианских бассейнах аридных районов формируются пресные подземные воды только на участках сравнительно интенсивной их циркуляции, которая обусловлена активным воздействием зон регионального дренажа на гидродинамику бассейна и зонами тектонических разломов.

Обычно такие участки представляют максимум благоприятных условий для поиска пресных подземных вод – единственного источника водоснабжения в пустынях.



Гидрохимический профиль Устюртского артезианского бассейна

Химический тип подземных вод и величины минерализации в г/л

Коллекторы мелового и юрского возрастов: 1 – гидрокарбонатно-натриевый (до 10 г/л); 2 – сульфатно-натриевый (до 10 г/л); 3 – хлоридно-натриевый (10–35 г/л); 4 – хлоридно-натриевый (35–140 г/л); 5 – хлоридно-натриевый-кальциевый (140 г/л); 6 – региональные водоупорные толщи; 7 – тектонические разломы; 8 – область инфильтрационного питания; 9 – направление движения подземных вод

21 967

ABSTRACT

The ground waters of artesian basins in Central Asia are highly mineralized and in most places are unsuitable to water supply. Exceptions are the areas of intensive ground water circulation. They are formed as a result of the drainage zone influence on the hydrodynamics of the basin, intensifying water inflow from recharge areas. The latter occur on marginal parts of the basin and are characterized by non-arid conditions. The Northern Usturt Basin, the area of Bukhara tectonic stage within the Amudarya Basin, and a significant part of the Pretashkentsky Basin are areas of fresh ground water occurrence in artesian basins of Central Asia.

Slightly mineralized ground water also occurs in zones of tectonic disturbances, characterized by intensive ground water circulation (Central Kyzylkumy and Central Usturt Zone).

In ground water exploration in artesian basins of Central Asia it is necessary to pay particular attention to areas of intensive ground water circulation and zones of tectonic disturbances.

Л. С. БАЛАШОВ, В. М. ФОМИН

ВЕРТИКАЛЬНАЯ ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ГРУНТОВЫХ И АРТЕЗИАНСКИХ ВОД В АРИДНОЙ ЗОНЕ И ИХ СООТНОШЕНИЕ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ

Условия залегания и зональность грунтовых вод аридного пояса изучались неоднократно. В меньшей мере освещена геохимическая зональность артезианских вод. И почти отсутствуют исследования, в которых рассматривались бы вертикальная зональность одновременно грунтовых и артезианских вод аридной зоны и соотношение этих зональностей в геологической структуре.

В данной статье предпринята попытка систематизировать наиболее распространенные виды геохимической зональности подземных вод аридной зоны и в первом приближении оценивать ее направленность и градиенты в вертикальном разрезе.

По химическому составу грунтовые воды аридного пояса достаточно разнообразны. Даже широко распространенные среди них относятся к восьми геохимическим классам. Весьма разнообразны они и по степени минерализации. Наиболее высокой минерализацией (до 50–90 г/л) отличаются воды сульфатно-хлоридно-магниево-натриевого (SO_4–Cl – Mg–Na) класса. Максимальная минерализация Cl–SO_4–Ca–Na, Cl–SO_4–Mg–Na, HCO_3–Cl–Ca–Na, HCO_3–Cl–Mg–Na и SO_4–Cl–Ca–Na классов вод этой зоны составляет 25–40 г/л.

Наряду с солеными в песчаных пустынях, как известно, возникают и устойчиво существуют пресные грунтовые воды в виде линз, покоящихся на нижележащих соленых водах.

Таблица 1

Примеры пресных вод из различных регионов аридной зоны

Класс воды	Регион (ссылка)	Формула состава
SO_4–HCO_3–Mg–Ca	Алжир, уэд Тин-Эменсар (наши данные)	$M_{0,14}\frac{HCO^3_{69}\,SO^4_{21}\,Cl_{10}}{Ca_{47}Mg_{27}Na_{22}}$
	Туркм.ССР, Дарай-Дара (наши данные)	$M_{0,22}\frac{HCO^3_{74}\,SO^4_{20}\,Cl_6}{Ca_{67}Mg_{25}Na_7}$
	Узб.ССР, источник Сайроб (наши данные)	$M_{0,38}\frac{HCO^3_{62}\,SO^4_{29}\,Cl_9}{Ca_{67}Mg_{20}Na_{13}}$
Cl–SO_4–Na–Ca	Тунис, Сахарская платформа (Силин-Бекчурин, 1962)	$M_{0,62}\frac{SO^4_{63}\,Cl_{28}\,HCO^3_9}{Ca_{52}Na_{42}Mg_6}$
	Чили, пустыня Атакама (Lloyd, 1971)	$M_{0,76}\frac{SO^4_{66}\,Cl_{21}\,HCO^3_{13}}{Ca_{52}Na_{47}Mg_1}$
	Тадж.ССР, Хочильор (наши данные)	$M_{0,81}\frac{SO^4_{65}\,Cl_{32}\,HCO^3_3}{Ca_{50}Na_{46}Mg_4}$
SO_4–Cl–Ca–Na	Сахарская платформа "Фезанская чаша" (Силин-Бекчурин, 1962)	$M_{0,45}\frac{Cl_{47}\,SO^4_{42}\,HCO^3_{11}}{Na_{69}Ca_{26}Mg_5}$
	Чили, пустыня Атакама (Смолко, 1934)	$M_{1,0}\frac{Cl_{63}\,SO^4_{32}\,HCO^3_5}{Na_{78}Ca_{13}Mg_9}$
	Туркм.ССР, Каракумы (Кунин, 1959)	$M_{1,7}\frac{Cl_{65}\,SO^4_{20}\,HCO^3_{15}}{Na_{90}Ca_6Mg_4}$

Пресные воды пустынь также разнообразны по химическому составу, причем воды одного и того же класса могут встречаться и в весьма отдаленных друг от друга регионах аридной зоны (табл. 1).

В пределах пустынь и степей засушливого пояса на возвышенных и хорошо дренированных участках получают развитие пресные воды

и других геохимических классов: SO_4–HCO_3–Ca–Na (Кунин, 1959; Роговская, 1964; Богданов, 1961, и др.); Cl–HCO_3–Ca–Na (Фомин, 1972; Федорова, 1973, и др.); HCO_3–Cl–Ca–Na(Балашов, 1960, и др.).

Анализируя причины засоления грунтовых вод Каракумов, В.Н.Кунин (1959) и Н.В. Роговская (1964) подчеркивают роль процесса испарения через зону аэрации и отмечают связь степени засоленности с глубиной залегания зеркала грунтовых вод, геоморфологией и дренированностью района. Эти же факторы, а также степень промытости грунтов и различный характер питания вод анализируют Г.Н. Каменский и И.В. Гармонов. На основе водного и солевого баланса они выделяют три типа гидрохимического режима грунтовых вод засушливой зоны (Каменский, Гармонов, 1959). Г.Я.Богданов (1961) рассмотрел формирование горизонтальной геохимической зональности грунтовых вод по мере движения от водораздельных массивов и других возвышений рельефа к более пониженным участкам, сорам и лиманам. При этом отмечаются закономерное нарастание минерализации вод от 0,5 до 50 г/л и смена их геохимических классов по схеме: SO_4–HCO_3–Ca–Na→HCO_3–SO_4–Na–Ca→ →Cl–SO_4–Ca–Na → SO_4 –Cl–Mg–Na.

Вертикальная зональность грунтовых вод аридного пояса в целом может быть сведена к трем основным типам:

I – увеличение общей минерализации и концентрации сульфатов, затем – хлоридов и натрия с глубиной (со сменой геохимических классов вод);

II – уменьшение общей минерализации и концентрации сульфатов и особенно хлоридов и натрия с глубиной (со сменой геохимических классов вод);

III – стабильность минерализации и состава грунтовых вод с глубиной на протяжении значительного интервала разреза (обычно с сохранением одного и того же геохимического класса вод).

I тип зональности получает развитие на хорошо дренированных и питаемых участках аридной зоны при достаточно глубоком залегании уровня грунтовых вод (тип континентального рассоления); II тип – на участках слабо дренированных при неглубоком залегании уровня грунтовых вод в условиях развития процессов испарения и транспирации через зону аэрации (тип континентального засоления); III тип – на участках развития мощных песчаных толщ в условиях установившегося водного баланса и питания через зону аэрации (тип пресноводных линз) (рис. 1,в).

Рис. 1. Типы вертикальной геохимической зональности грунтовых вод аридной зоны

1 – Ca^{2+}; 2 – Mg^{2+}; 3 – Na^{+}; 4 – HCO_3^{-}; 5 – SO_4^{2-}; 6 – Cl^{-}; 7 – суглинок; 8 – глина; 9 – песок; 10 – место отбора пробы; 11 – почвенный слой

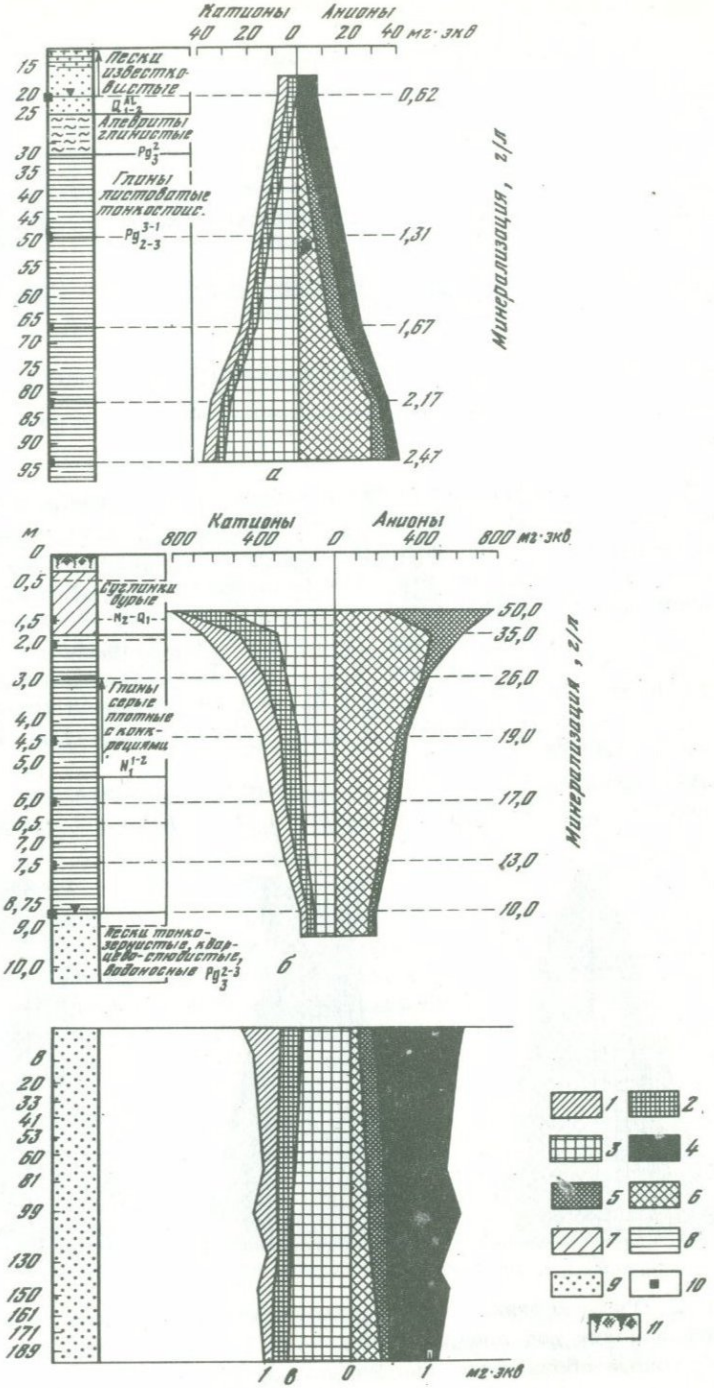

Катионы
Анионы
40 20 0 20 40 мг·экв
Пески известковистые
Алевриты глинистые
Глины листоватые тонкослоис.
0,62
1,31
1,67
2,17
2,47
Минерализация, г/л
а
Катионы
Анионы
800 400 0 400 800 мг·экв
Глубина отбора образцов, м
Суглинки бурые
Глины серые плотные с конкрециями
Пески тонкозернистые, кварцево-глауконитовые, водоносные
50,0
35,0
26,0
19,0
17,0
13,0
10,0
Минерализация, г/л
б
мг·экв

Таблица 2

Изменение минерализации и концентрации компонентов для альб

M, г/л	H, м	Na	
		мг/л	%-экв
42-94 / 62	756-1641 / 1100	11040-27500 / 18538	73-85 / 78
113-139 / 121	947-2404 / 1499	31480-42600 / 34974	69-78 / 72

Примечание. В числителе даны пределы; в знаменателе – среднее

В литературе при изложении фактического материала описанная зональность частично или в полном виде присутствует в ряде работ. Например, I и II типы зональности мы находим у Н.П. Затенацкой (1963), причем эти типы развиваются и в поровых водах глинистых толщ. Более того, зональность поровых вод хорошо согласуется с зональностью вод грунтовых (рис. 1, а, б). II тип зональности нашел отражение и в работе В.А. Приклонского (1948), Е.Л. Минкина (1957). Примеры III типа вертикальной зональности грунтовых вод мы встречаем у В.Н. Чубарова (1972) и Т.К. Федоровой (1973).

В.Н. Кунин в виде табличных данных приводит все три типа зональности; при этом он подчеркивает, что переход от пресных вод

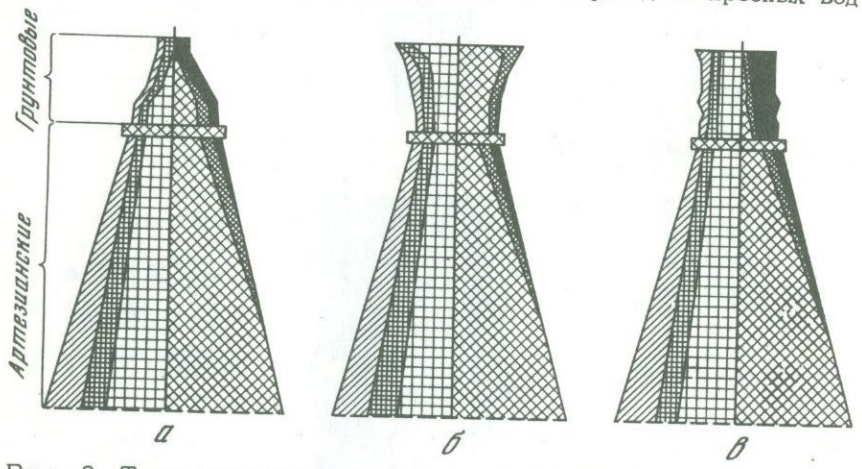


Рис. 2. Типы вертикальной геохимической зональности грунтовых и артезианских вод аридной зоны

Условные обозначения см. на рис. 1

ского водоносного комплекса Амударьинского бассейна с глубиной

Ca		Mg	
мг/л	%-экв	мг/л	%-экв
2110-6570 / 3478	11-25 / 15,8	585-1390 / 697	1-10 / 5,6
7210-10020 / 8886	18-24 / 21,1	1460-2430 / 1626	1,8-9,0 / 5,9

значение.

к соленым (в III типе, в нижней части разреза) "происходит на очень коротких отрезках вертикального сечения при резком увеличении минерализации вод" (Кунин, 1959, стр. 47).

Наиболее распространенный тип вертикальной геохимической зональности артезианских вод соответствует I типу зональности грунтовых вод аридной зоны с той лишь разницей, что вертикальная зональность артезианских вод приходится на значительно больший интервал глубины и, начиная с определенной глубины, среди них получают развитие только воды чистого хлоридного типа ($Cl \geqslant 95\%$-экв).

Таким образом, сочетание зональности грунтовых и артезианских вод в вертикальном разрезе осадочных пород аридной зоны в схеме может быть также сведено к трем основным типам (а–в) (рис. 2).

Однако возможны варианты, обусловленные несоответствием (в ту или иную сторону) величины минерализации (и геохимических классов) грунтовых и артезианских вод в их пограничной зоне, колебаниями минерализации и концентраций отдельных компонентов состава грунтовых вод, обычно вызываемыми литологической неоднородностью водонасыщенных пород верхней зоны[1] и другими факторами.

Градиенты изменения минерализации грунтовых вод с глубиной в районе Нижней Волги, рассчитанные нами по данным Н.П. Затенацкой (для типа зональности I, рис. 2,а), составили 17 г/л на 100 м глубины. Одновременно с увеличением глубины (от 10,7 до 58,1 м) происходило направленное изменение в составе вод; резко возрастала доля ионов хлора, кальция и натрия, причем про-

[1] Это приводит к появлению зубчатых участков в эпюре вертикальной зональности грунтовых вод. Иногда подобные участки возникают и в эпюре артезианских вод.

центный рост кальция существенно обгонял рост процентного содержания натрия.

Аналогичная картина получена нами при расчетах градиентов минерализации и концентраций компонентов с глубиной для напорных вод Амударьинского бассейна. Характер этих изменений для альбского водоносного комплекса (по 20 анализам для 11 площадей) отражен в табл. 2.

Из данных табл. 2 рассчитан градиент для M, равный +14,8 г/л на 100 м глубины. Обращает на себя внимание близость с величиной градиента M для грунтовых вод. Для натрия соответственно получено +4,11 г/л и –1,5 %-экв на 100 м H. Следовательно, концентрация натрия увеличивается в абсолютном значении с ростом глубины и минерализации вод, но уменьшается в %-экв выражении. Это означает, что темп роста натрия отстает от темпа роста минерализации с глубиной. Градиенты для кальция и магния на 100 м глубины соответственно +1,35 г/л, +1,33 %-экв и +0,23 г/л, +0,15 %-экв. Нетрудно видеть, что прибыль в %-экв кальция и магния компенсирует соответствующую убыль натрия.

По типу эпюры кальция происходит изменение стронция и лития с ростом минерализации и глубины, в то время как бор и йод ведут себя в соответствии с эпюрой натрия.

Аналогичная картина получена при анализе изменения состава напорных вод апт-неокомского и других водоносных комплексов бассейна.

С некоторым приближением термодинамическое описание процессов, участвующих в формировании вертикальной зональности и отмеченных зависимостей, можно получить из работы (Mangelsdorf at al., 1970).

Таким образом, в природе в условиях аридного климата возникают различные типы вертикальной геохимической зональности подземных вод. Выявляются определенные черты сходства и различия в зональности грунтовых и артезианских вод. Количественное сравнение зональностей возможно осуществлять путем использования градиента изменения характеристик состава, отнесенных к определенным интервалам минерализации или глубины залегания подземных вод.

В условиях гумидного климата преимущественно развивается вертикальная геохимическая зональность по типу I (рис. 2, а).

ABSTRACT

Three main types of vertical geochemical zoning of unconfined ground water in the arid zone may be distinguished: I type – increase in the total dissolved solids content and concentration of sulphates, then chlorides and sodium with depth (with changing geochemical water classes); II type – decrease in the total dissolved solids content and concentration of sulpha-

tes and particularly chlorides and sodium with depth (with changing geochemical water classes); III type – stability of the total dissolved solids content and composition of unconfined ground water with depth over a large portion of the section (commonly without changing the geochemical water class).

I type of vertical zoning is spread in well-drained and well-recharged areas of the arid zone with enough deep occurrence of ground water (type of continental desalinization).

II type is spread in poorly drained areas with shallow occurrence of ground water under the conditions of evaporation and transpiration through the zone of aeration (type of continental salinization). III type is spread in the areas of thick sandy formations under the conditions of steady-state water balance and recharge through the zone of aeration (type of fresh-water lenses).

The most common type of vertical geochemical zoning of artesian water basically corresponds to I type of the unconfined ground-water zoning, however, the artesian water zoning falls within a considerably greater depth range. Among artesian water, beginning from a certain depth, water of pure chloride type (Cl > 95-eqv) is predominant. Three types of a combined zoning of unconfined and artesian waters may be also distinguished. Each type is formed by a combination of one of the types of unconfined ground water zoning with the main type of artesian water zoning.

The gradients of dissolved solids content and concentration of individual components of the unconfined ground water with depth may be positive, negative and close to zero. The gradients of artesian water dissolved solids content with depth, as a rule, are positive; the sodium gradients positive (in mg/l) and negative (in %-eqv); the calcium gradients positive both in mg/l and %-eqv. In artesian water a change in lithium and strontium concentration is similar to that in calcium concentration with depth and a change in boron and iodine concentration being similar to that in sodium concentration.

ЛИТЕРАТУРА

Балашов Л.С. Сурхан-Дарьинский артезианский бассейн. М., Изд-во АН СССР, 1960.

Богданов Г.Я. Режим, баланс и формирование грунтовых вод северо-западной части Прикаспийской низменности в Сталинградском Заволжье. – Автореф. канд. дисс. М., МГРИ, 1961.

Затенацкая Н.П. Поровые воды глинистых пород и их роль в формировании подземных вод. М., Изд-во АН СССР, 1963.

Каменский Г.Н., Гармонов И.В. Формирование подземных вод и зональное распределение их в засушливых районах СССР. – Труды II Узб. гидрогеол. совещ. Ташкент. Изд-во АН УзбССР, 1959.

Кунин В.Н. Местные воды пустыни и вопросы их использования. М., Изд-во АН СССР, 1959.

Минкин Е.Л. Некоторые вопросы прогноза солевого баланса территорий нового орошения. – Почвоведение, 1957, № 9.
Приклонский В.А. Некоторые закономерности формирования грунтовых вод в засушливых областях. – Труды ЛГПИ АН СССР, т. 1, 1948.
Роговская Н.В. Анализ многолетних наблюдений за режимом подземных вод на примере Туркменской гидрогеологической станции. – Советская геология, 1964, № 12.
Силин-Бекчурин А.И. Подземные воды Северной Африки. М., Изд-во АН СССР, 1962.
Смолко Г.О. Йод и бром. – В кн.: "Курс нерудных месторождений". М.-Л., ОНТИ, 1934.
Федорова Т.К. Закономерности формирования химического состава линз пресных вод пустынь. М., "Недра", 1973.
Фомин В.М. Подземные воды Центральных Кызылкумов и перспективы их использования. М., "Недра", 1972.
Чубаров В.Н. Питание грунтовых вод песчаной пустыни через зону аэрации (механизм, методы изучения, оценка). М., "Недра", 1972.
Lloyd J.W. The hydrogeology and utilization of brines in El Salado, Chile. – Ground Water, 1974, v. 12, N 2.
Mangelsdorf P.C., Manheim F.T., Gieskes J.M.T.M. Role of gravity, temperature gradients, and ion-exchange media in formation of fossil brines. – Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologists, 1970, v. 54, N 4.

Я. А. ХОДЖАКУЛИЕВ, Н. Т. СУЮНОВ, О. П. АБРАМОВА,
М. М. БАТЫРШИН, В. Ф. КАЗАКОВ

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ КАРАКУМОВ И ИХ НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Пресные и слабосолоноватые воды в Каракумах имеют спорадическое распространение и приурочены к зонам развития бугристо-грядовых песков, такыров, долинам и дельтам рек Амударьи, Мургаба и Теджена.

Подпесчаные линзы пресных вод, окруженные и подстилаемые солеными водами, развиты в песчано-глинистых отложениях четвертичного и неогенового возраста. Глубины залегания вод колеблются чаще всего от нескольких метров до 50–60 м, но иногда превышают 250 м (линзы Юго-Восточных Каракумов). Наиболее крупные линзы: Восточно-Заунгузская и Балкуинская в Северных Каракумах, Ясханская, Черкезлинская, Репетекская и Джилликумская в Центральных Каракумах, Мургаб-Амударьинская и Мургаб-Тедженская в Юго-Восточных Каракумах. Этими линзами не исчерпываются запасы пресных вод в Каракумах. Здесь существует множество и более мелких линз, которые пока еще не оконтурены.

Из перечисленных подпесчаных линз пресных вод наиболее детально разведана Ясханская, расположенная в западной части Центральных Каракумов. Здесь пресные воды (до 1 г/л) достигают

значительной мощности и залегают в отложениях каракумской свиты на площади около 2 тыс. км^2. Статические запасы пресных вод составляют около 10 км^3, а эксплуатационные запасы с учетом защиты от подсоса соленых вод утверждены в сумме по всем категориям в количестве 1000 л/сек. С 1964 г. пресные воды Ясханской линзы используются для водоснабжения промышленного района и г. Небит-Даг.

Все линзы характеризуются малыми возобновляемыми естественными ресурсами подземных вод, и, как следствие этого, их эксплуатация может базироваться только на сработке статических запасов, которые, по данным Р.Н. Клышниковой, сугубо ориентировочно составляют (в млн. м^3): Восточно-Заунгузская линза - 10000, Балкуинская - 650, Джилликумская - 5000, Репетекская - 300, Черкезлинская - 1200; Мургаб-Амударьинская - 25000, Мургаб-Тедженская - 1400, а прогнозные эксплуатационные запасы по этим линзам соответственно равны 730, 153, 600, 35, 172, 4300 и 2160 л/сек.

Пресные и слабосолоноватые воды на указанных линзах используются в настоящее время только животноводческими хозяйствами.

Подтакырные линзы образуются и питаются за счет поверхностного стока с крупных такыров в период интенсивного выпадения атмосферных осадков. Они невелики по размерам и характеризуются небольшими запасами.

Значительные запасы пресных вод приурочены к левобережной части долины р. Амударьи. В долине р. Теджен подземные воды преимущественно соленые, а в Мургабской долине пресные воды залегают узкой полосой вдоль русла, быстро переходя в соленые. Подземные воды долины р. Амударьи приурочены к четвертичным аллювиальным отложениям. Глубины их залегания изменяются в пределах 0-10 м при мощности водоносного горизонта пресных и слабосолоноватых вод от 10 до 50 м. Основные источники питания пресных вод: река, крупные магистральные каналы, сбросные и орошаемые воды. Прогнозные эксплуатационные запасы пресных и слабосолоноватых вод долины р. Амударьи составляют около 6000 л/сек.

В дельтах рек Амударьи, Мургаба и Теджена пресные воды встречаются в виде небольших подрусловых и приканальных линз. Приурочены они к верхнечетвертичным и современным аллювиальным отложениям. Глубины залегания вод колеблются от 0,5 до 10 м при мощности водоносного горизонта до 10-15 м. Эти линзы малы по размерам и невелики по запасам. Эксплуатация их возможна лишь за счет использования естественных ресурсов и незначительной части статических запасов.

Минеральные лечебные воды широко развиты на территории Каракумов. В зависимости от определяющих лечебные свойства природных вод компонентов и их происхождения, а также принятых в СССР критериев оценки лечебных вод в пределах Каракумов распространены минеральные воды без специфических компонентов

и свойств, бромные, йодобромные и сероводородные минеральные воды.

Среди минеральных вод без специфических компонентов и свойств преобладают воды сульфатно-хлоридные и хлоридные натриевые с минерализацией от 5 до 35 г/л. В отдельных районах Каракумов воды этой группы обладают значительным напором с дебитом до 10 л/сек и температурой 32-46°С. В этом отношении характерны минеральные воды, вскрытые скважинами к северо-востоку от г. Чарджоу. Воды аналогичного состава были выведены на поверхность на территории г. Чарджоу. По степени минерализации и ионно-солевому составу эти воды - аналоги ижевского и новоижевского типов минеральных вод, используемых в качестве питьевых лечебных вод.

Бромные минеральные воды широко развиты в осадочной толще пород мезозоя. Верхней границей их распространения служат отложения турона, иногда сенона. В зависимости от величины минерализации, ионно-солевого состава и концентрации брома выделяются бромные минеральные воды нескольких типов.

Хлоридные натриевые бромные воды с минерализацией до 100 г/л и содержанием брома 50-200 мг/л чаще всего приурочены к отложениям турона-альба и залегают на глубинах 600-800 м, иногда более 1200 м. Температура вод 30-60°С. Состав растворенных газов изменяется от метаново-азотного до азотно-метанового.

Хлоридные натриево-кальциевые бромные воды с минерализацией 100-250 г/л и концентрацией брома 200-600 мг/л - наиболее распространенный тип минеральных вод этой группы на территории Каракумов. Они развиты, главным образом, в отложениях нижнего мела и юры. Состав растворенных газов преимущественно метановый. Температура вод в зависимости от глубины их вскрытия изменяется от 40 до 80°С и более.

Особый тип бромных минеральных вод составляют высококонцентрированные рассолы с минерализацией 290-520 г/л, встречающиеся в восточной части Каракумов. Их распространение контролируется областью развития сульфатно-галогенных пород гаурдакской свиты верхнеюрского возраста. Приурочены они как непосредственно к толще солей, так и отложениям, контактирующим с ней. Рассолы, связанные с толщей солей, характеризуются избыточными напорами и при вскрытии изливаются на поверхность с первоначальными дебитами от 4 до 23 л/сек. При этом температура их достигает 84-122°С, глубина залегания превышает 2000 м. Катионный состав рассолов представлен различными сочетаниями ионов натрия, кальция и магния, но иногда преобладает только кальций. Концентрация брома в них варьирует от 600 до 1800 мг/л. Состав растворенных газов метановый, метаново-азотный и метаново-азотно-углекислый.

Йодобромные воды, удовлетворяющие критериям оценки лечебных вод, имеют ограниченное распространение и известны только

на территории юго-восточных Каракумов в Мургабском районе. Приурочены они к отложениям сеномана-апта и залегают на глубинах 1600-2800 м. По составу йодобромные воды хлоридные натриевые с минерализацией 48-66 г/л. Содержание йода в них составляет 24-42 мг/л, брома - 180-250 мг/л. Состав растворенных газов метановый и азотно-метановый.

Сероводородные воды имеют также широкое распространение на территории Каракумов. Присутствие сероводорода в составе подземных вод в количестве, превышающем 10 мг/л (минимальный критерий), отмечается как в приповерхностных условиях, так и на глубинах порядка 2300-4300 м. В первом случае сероводородные воды приурочены к системам разрывных нарушений или к так называемым гидрогеологическим окнам, где наблюдается открытая или скрытая разгрузка подземных вод глубоко залегающих водоносных горизонтов (Питняк, Зеагли-Дарвазинское поднятие, Чарджоуская ступень). Образование сероводорода здесь происходит в зоне смешения вод неглубокого залегания с глубинными водами, содержащими углеводороды. В зависимости от количества углеводородов и их компонентного состава, а также сульфатов в водах концентрация сероводорода изменяется от 12 до 100 мг/л. По составу воды преимущественно хлоридные натриевые с минерализацией от 4 до 35 г/л. Температура их не превышает 30°С. Состав растворенных газов азотно-метановый и азотно-углекисло-сероводородно-метановый.

Нахождение сероводородных вод в глубоких горизонтах разреза связано с определенными литолого-стратиграфическими комплексами. В восточной части Северных Каракумов и в Юго-Восточных Каракумах такими аккумулирующими сероводород комплексами являются палеоценовый и келловей-оксфордский, в восточной части Юго-Восточных Каракумов - неокомский, в Центральных Каракумах - верхнеюрско-неокомский.

С палеоценовым комплексом связаны воды разнообразного химического состава с минерализацией от 4 до 35 г/л. На отдельных участках они обладают высокими напорами и изливаются на поверхность. Содержание сероводорода в водах изменяется от 270 до 400 мг/л. Температура вод варьирует от 22 до 40°С. Состав растворенных газов углекисло-сероводородно-азотный и углекисло-сероводородно-метановый.

В неокомском комплексе распространены хлоридные натриевые воды с минерализацией 80-106 г/л и концентрацией сероводорода от 195 до 1000 мг/л. Воды обладают избыточным напором и изливаются на поверхность с дебитом до 14 л/сек. Температура на устьях скважин изменяется от 81 до 89°С. Состав растворенных газов углекисло-сероводородно-метановый.

В келловей-оксфордском и верхнеюрско-неокомском комплексах развиты высококонцентрированные сероводородные воды хлоридного натриевого состава с минерализацией до 210 г/л. Количество сероводорода в водах достигает 1,6 г/л, а содержание углекислоты

превышает 800 мг/л. Воды характеризуются высокими напорами, но изливаются на поверхность крайне редко. Температура вод на глубине их залегания колеблется от 87 до 136°С. Состав растворенных газов углекисло-сероводородно-метановый и углекисло-сероводородный.

Минеральные воды Каракумов представляют несомненный интерес для бальнеологии. Но в силу физико-географических и экономических условий региона, а иногда и геолого-технических условий эксплуатации использование большинства их в настоящее время сопряжено со значительными трудностями. Но, учитывая темпы освоения пустыни, можно ожидать, что в ближайшем будущем вопросы изыскания и использования минеральных вод приобретут свою актуальность.

Некоторые из месторождений минеральных вод уже сейчас могут быть вовлечены в сферу практического использования. К таковым, в частности, относятся минеральные воды, выявленные к северо-востоку от г. Чарджоу.

Промышленные воды. Подземные воды Каракумов содержат в своем составе ряд компонентов, представляющих практический интерес как сырье для химической промышленности. К числу их относится йод, бром, литий, рубидий, цезий, калий, стронций и др.

Йодобромные воды пользуются преимущественным развитием в Каракумах. Верхней границей их распространения служат отложения альбского возраста, нижней – пермско-триасового. За редким исключением воды нижнемеловых отложений содержат йод в количестве более 10 мг/л, бром – более 200 мг/л.

К юрским и пермско-триасовым отложениям приурочено несколько водоносных горизонтов с минерализацией 150–300 г/л. Концентрация йода в них изменяется от 10 до 25 мг/л, брома – от 250 до 450 мг/л. В ряде районов Центральных и Северных Каракумов обнаружены промышленные рассолы, содержащие 40–70 мг/л йода и 470–640 мг/л брома. Максимальные концентрации брома установлены в высококонцентрированных рассолах на территории Юго-Восточных Каракумов, генетически связанных с сульфатно-галогенной толщей гаурдакской свиты верхнеюрского возраста. Содержание брома в них составляет 960–1800 мг/л, йода – 5–100 мг/л.

Подземные воды с концентрацией бора 200–300 мг/л развиты в отложениях нижнего мела и верхней юры. Количество лития в водах колеблется от 11 до 55 мг/л, рубидия – от 0,45 до 6–9, цезия – до 0,47 мг/л.

В толще солей гаурдакской свиты и перекрывающих ее песчаниках карабильской свиты содержание веществ достигает (в мг/л): бора – 1000 и более, лития – до 320, рубидия – до 66, цезия – до 3.

ABSTRACT

The report discusses regularities of occurrence of fresh and brakish ground water in desert regions of Soviet Central Asia within the Turkmenian SSR.

Resources of major fresh-water lenses and distribution of medical mineral water and water used as raw material for chemical industry (for obtaining iodine, bromine, lithium, rubidium, cesium, etc.) are discussed.

В. Д. БЕЗРОДНОВ, Н. В. РОГОВСКАЯ

ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА АРТЕЗИАНСКИХ БАССЕЙНОВ АРИДНОЙ ЗОНЫ СССР

Оптимальное использование земельных и водных ресурсов аридной зоны возможно при комплексном, региональном обосновании инженерных проектов. В связи с этим особый интерес представляет изучение и картирование региональной гидродинамической обстановки, которая в наибольшей степени подвергается влиянию инженерных сооружений. Прогноз результатов этого влияния в части перераспределения и накопления воды и солей базируется на данных исходной гидродинамической структуры того или иного региона или артезианского бассейна. В конкретном случае речь пойдет о гидродинамических условиях Туранской платформы (плиты), которая находится в условиях аридного пояса.

Туранская система артезианских бассейнов объединяет Амударьинский, Сырдарьинский, Северо-Аральский, Предкопетдагский, Туаркырский, Устюртский, Чу-Сарысуйский, Центрально-Кызылкумский и Тургайский артезианские бассейны.

В пределах этих территорий широкое распространение получили водоносные комплексы юры, мела, неогена и четвертичных отложений, которые разделены региональным водоупором на два гидрогеологических этажа. Отличительная особенность геологического разреза Туранской системы артезианских бассейнов – широкое развитие процессов гравитационного эпигенеза, выражающееся в уплотнении осадков, сокращении порового пространства с глубиной и, как следствие, в дегидратации пород юрского и мелового возраста.

Сложность условий формирования обусловливает широкий диапазон минерализации подземных вод от пресных вод до высоко концентрированных рассолов 300–400 г/л и более (в юго-восточной части Амударьинского артезианского бассейна).

Определяющий фактор формирования подземных вод в пределах Туранской системы артезианских бассейнов – автономность, замкнутость подземного и поверхностного стока. Региональные базисы дренирования – акватории внутренних бассейнов Каспия и Аральс-

кого моря. Однако в результате весьма интенсивного испарения, свойственного данной территории, региональный сток дренируется практически всей толщей пород, залегающих выше регионального водоупора.

Под гидродинамической структурой артезианского бассейна мы понимаем пространственное сочетание полей фильтрационной проницаемости и гидродинамических давлений (приведенных напоров), определяющих формирование запасов и сток подземных вод.

Региональный палеоген-неогеновый водоупор мощностью 200–2000 м развит повсеместно и разделяет разрез осадочной толщи на два гидрогеологических этажа – верхний кайнозой и нижний мел, юра.

Верхний гидрогеологический этаж представлен водоносными комплексами неогенового и четвертичного возраста суммарной мощностью 50–1000 м. Поле фильтрационной проницаемости указанных комплексов отличается весьма большим разнообразием и специфичностью в пределах каждого артезианского бассейна, а иногда и отдельного гидрогеологического района. В пределах Амударьинского бассейна в верхней части разреза развиты весьма проницаемые породы ($T > 100$ м^2/сут), в нижней – проницаемые породы ($T = 10$–100 м^2/сут)[1]. Крупные различия в строении поля фильтрационной проницаемости усугубляются мозаичным распределением фильтрационных свойств отдельных районов и участков.

Предгорные районы характеризуются развитием весьма проницаемых пород четвертичного возраста, неогена и верхнего мела.

Поле гидродинамических потенциалов верхнего этажа охарактеризовано гидроизогипсами. Конфигурация гидроизогипс характеризует региональное формирование подземного стока от предгорий в гидрографическую сеть и депрессии рельефа, где наиболее активно происходит испарение. В верхнем гидрогеологическом этаже преобладает горизонтальное и вертикальное движение. Основные силы, определяющие движение, – разница напоров в областях питания и разгрузки, а также дефицит давления в капиллярах зоны аэрации.

Подземные воды, расположенные ниже регионального водоупора, согласно имеющимся представлениям, имеют сложный генезис. Это – седиментационные метаморфизованные растворы. Некоторые исследователи (В.В. Белоусов, И.Г. Судовиков) большое значение придают водам инфильтрационного генезиса, проникающим до глубин 4–5 км.

Полученные нами результаты подтверждают представления большинства исследователей. Нижняя толща – сфера преобладающего распространения метаморфизованных подземных вод седиментационного генезиса. Здесь существует динамическое равновесие между различными видами воды (гравитационной, физически и химически связанной). Подземный сток осуществляется за счет внутренних ресурсов земной коры. Однако развитие инфильтрационного водообмена значительных масштабов нами не подтверждается. Характер-

[1] T – величина водопроводимости, м^2/сут.

ной особенностью геологического разреза здесь является уменьшение фильтрационных свойств с глубиной в связи с развитием процессов эпигенетического преобразования и дегидратации пород.

Поле фильтрационной проницаемости отличается четко выраженной эпигенетической зональностью. Регионально непроницаемые породы мезозоя с коэффициентом водопроводимости ($T < 1$ м^2/сут) выполняют наиболее погруженные части Предкопетдагского и Мургабского прогибов, которые испытали в новейшее время мощные опускания (2000–3500 м). Слабопроницаемые породы ($T = 1 \div 10$ м^2/сут) развиты в глубоких частях артезианских бассейнов, отличающихся более стабильным геологическим развитием. Проницаемые породы ($T = 10 \div 100$ м^2/сут) приурочены к склонам артезианских бассейнов, к крупным и мелким тектоническим поднятиям, весьма активно развивающимся в новейшее время.

Гидродинамическое поле внешне выражает четкую связь водоносных комплексов с областями питания.

Максимальные величины приведенных напоров мелового водоносного комплекса наблюдаются в пределах Гиссарского хребта (300–350 м). Наряду с этим весьма высокие приведенные напоры отмечены в прогибах третьего порядка, например в Мургабском прогибе (500–600 м). Анализ амплитуд новейших тектонических движений и условий литификации пород показывает, что гидродинамическое поле в нижнем гидрогеологическом этаже унаследовано со времени максимального развития альпийского орогенеза. Низкие фильтрационные свойства пород исключают водообмен в классическом его понимании и определяют, с одной стороны, сохранность палеодавлений, а с другой – способствуют их росту при уплотнении и дегидратации пород (элизионный режим) в условиях дальнейшего прогибания субстрата.

Региональный подземный сток нижнего гидрогеологического этажа не имеет места в этих районах; перемещение подземных вод ограничивается зонами вертикальных нарушений. Интенсивность вертикальной миграции подземных вод в этом случае – один из факторов, определяющих пространственное изменение пьезометрической поверхности.

В целом нижний гидрогеологический этаж Туранской системы артезианских бассейнов можно представить как запечатанную региональным водоупором естественную емкость, практически не связанную с классическими областями питания и разгрузки, а следовательно, как емкость с не восполняющимися за счет инфильтрации запасами минерализованных вод и рассолов.

Внутренняя энергия водоносных комплексов снимается вдоль линий тектонических нарушений и в периферийных частях артезианских бассейнов, где развиты проницаемые породы. Очаговая разгрузка – форма участия подземных вод нижнего гидрогеологического этажа в региональном стоке, осуществляющемся в верхних частях разреза над региональным водоупором. Вместе с тем при общем относительно незначительном количестве подземных вод, поступаю-

щем по разломам вверх, через региональный водоупор, солевой сток в верхний гидрогеологический этаж представляется весьма существенным.

Таким образом, верхний гидрогеологический этаж в аридных зонах – базис солевого стока поверхностных и подземных вод. Перераспределение солей в плане и разрезе этой толщи зависит от вещественного состава пород, рельефа поверхности дифференцирования потоков и формирования местного стока.

Из рассмотрения особенностей формирования подземного стока аридной зоны следует несколько практических рекомендаций. Для дифференцированной оценки мелиоративных условий крупных регионов аридной зоны необходимо выявить их гидродинамические условия в геолого-структурных границах. Это лучше всего достигается построением карты фильтрационного и гидродинамического поля толщи до регионального водоупора.

На основании этой карты выясняется роль нижнего гидрогеологического этажа в формировани и солевого стока и характер его перераспределения в верхней зоне.

Существенное практическое значение и специфику приобретает изучение динамики местных потоков, с которыми связано наиболее активное перераспределение солей в зоне аэрации.

ABSTRACT

The analysis of the hydrodynamic conditions of artesian basins of the arid zone allows to make practical recommendations for their studying and mapping to substantiate optimal utilization of water and land resources.

The necessity for mapping seepage and hydrodynamic fields of the water-bearing formation down to the regional aquiclude and studying the distinctive features of the hydrodynamic structure of the lower and upper hydrogeological stages is recognized.

Н. И. ПЛОТНИКОВ, В. М. ФОМИН

РОЛЬ РЕГИОНАЛЬНОГО СТОКА В ФОРМИРОВАНИИ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД АРТЕЗИАНСКИХ БАССЕЙНОВ АРИДНОЙ ЗОНЫ
(на примере СССР)

В настоящей статье рассматриваются результаты изучения условий формирования напорных вод артезианских бассейнов, распространенных в пределах среднеазиатской части Туранской низменности, на площади которой авторы проводили в различное время гидрогеологические исследования.

Среднеазиатская территория Туранской низменности в геоморфологическом отношении характеризуется тем, что равнинно-степная и песчаная части ее почти со всех сторон окружены горно-складчатыми сооружениями.

В пределах Туранской низменности расположены крупнейшие в Советском Союзе песчаные пустыни: Каракумы в Туркмении, Кызылкумы в Узбекистане и Бетпак-Дала в южном Казахстане. Равнинный характер поверхности Туранской низменности на некоторых участках нарушается низкогорными возвышенностями - Кызылкумскими, Мангышлака, Туаркыра и др.

Все примыкающие к пустыне горно-складчатые структуры, погружаясь в сторону Туранской низменности, формируют ее фундамент. В этом отношении среднеазиатскую часть Туранской низменности можно рассматривать как платформенную область с абсолютными отметками от +100÷+200 до -120 м. Верхний структурный этаж этой области сложен весьма слабо дислоцированными песчано-глинистыми породами мезозойского и кайнозойского возрастов.

Таким образом, платформенная часть аридной зоны и обрамляющие ее складчатые области в геологическом отношении представляют собой единую структуру, имеющую по простиранию различные гипсометрические отметки. Это обстоятельство очень важное для оценки роли регионального подземного стока в формировании напорных подземных вод некоторых артезианских бассейнов Туранской низменности.

Изучение региона показало, что погружающиеся в сторону низменности палеозойские структуры, как правило, сопровождаются крупными краевыми тектоническими нарушениями глубокого заложения.

Так, в восточной части Туранской низменности четко прослеживается Каратайская зона разломов, известная в литературе как Николаевская тектоническая зона. Это очень сложная система крупных тектонических нарушений глубокого заложения, прослеживающаяся в северо-западном направлении более чем на 500 км.

К району погружения западной части Тянь-Шаня приурочена система Предкызылкумских крупных тектонических нарушений также северо-западного простирания. С ними сопрягаются тектонические нарушения второго порядка - северо-восточного простирания; на одном из них - Баштавикском разломе - был зарегистрирован эпицентр Ташкентских землетрясений 1966-1967 гг.

В центральной части Туранской низменности прослеживается Амударьинский разлом, а в западной части - известная система Прикопетдагских тектонических нарушений (тектоническая линия Никшеча) также северо-западного простирания.

Все эти системы как крупных, так и более мелких тектонических нарушений сопровождаются довольно мощными зонами дробления и усиленной трещиноватости вмещающих пород, а также вертикальными смещениями.

Анализ истории развития обрамляющих горно-складчатых областей, фундамента и самой платформы показал, что в течение длительного

геологического времени (от верхнего палеозоя до четвертичной эпохи) структурный план сопряженных областей не изменялся, в том числе и простирание крупных тектонических нарушений глубокого заложения.

В поздневарисцийское, альпийское, а также и в последующее время происходили неоднократные повторные тектонические подвижки по ранее заложенным крупным разломам. Это привело не только к обновлению вертикальных смещений в породах фундамента, но и к нарушению сплошности пород покровных образований мезозойского и кайнозойского возраста – верхнего структурного этажа платформы (Плотников, 1955).

Таким образом, основные черты современных геоморфологических и геолого-структурных условий района были заложены в эпоху наиболее активного проявления альпийской складчатости – в плиоцен-четвертичное время, когда произошло окончательное разделение описываемой территории на западную равнинно-степную – пустынную область (Туранская плита) и юго-восточную область средних и высокогорных складчатых сооружений (Плотников, 1969).

Туранская низменность и обрамляющие ее горные сооружения резко различны по климатическим условиям. Собственно Туранская низменность характеризуется типичным аридным климатом. В горных областях увлажненность значительно больше и увеличивается с высотой. На абсолютных отметках 1000 м среднегодовое количество осадков составляет 800–1000 мм, т.е. в десять раз превышает их количество на площади Туранской низменности.

В гидрогеологическом отношении верхний структурный этаж Туранской низменности характеризуется тем, что в песчано-глинистых породах мезозойско-кайнозойского возраста формируется система сопряженных мелких артезианских бассейнов. Они приурочены к крупным тектоническим прогибам, глубоким впадинам складчатого фундамента и мелким синклинальным складкам.

В породах горно-складчатых областей, а также палеозойского фундамента платформы формируются преимущественно линейно-вытянутые потоки трещинно-жильных вод, приуроченных к зонам тектонических нарушений. Наиболее существенное значение в этом отношении имеют трещинно-жильные и трещинно-карстовые воды карбонатных пород палеозоя.

По геолого-структурным признакам и гидрогеологическим условиям артезианские бассейны Туранской низменности целесообразно подразделить на две группы.

Первая группа объединяет артезианские бассейны, которые приурочены к межгорным синклинальным складкам мезозойско-кайнозойских пород, трансгрессивно залегающих на размытой поверхности палеозойского фундамента, имеющего небольшую глубину залегания – до 700–1000 м. В геолого-структурном отношении эти участки платформы относительно приподнятые по зонам крупных региональных тектонических нарушений.

К первой группе можно отнести систему мелких артезианских бассейнов горно-степных районов центральных и юго-западных Кы-

зылкумов (Ташкудукский, Мынбулакский, Узункакский, Кенимехский, Тамдынский и др.), Приташкентский, Чимкентский и Сырдарьинский артезианские бассейны и систему мелких Сарысуйских артезианских бассейнов района Батпак-Дала.

В толще пород покровных образований в артезианских бассейнах первой группы формируются два основных напорных водоносных горизонта – в породах третичного и верхнемелового возраста. Подземные воды напорных горизонтов – пресные и слабосолоноватые (с общей минерализацией 0,3–3 г/л), гидрокарбонатно-кальциевого, сульфатно-гидрокарбонатного и сульфатно-хлоридного состава.

На участках скрытой разгрузки подземных вод через глинистые толщи пород (в районах бессточных впадин) отмечается повышенная их минерализация – до 10 г/л. В породах палеозойского фундамента разведочными скважинами вскрыты пресные и слабосолоноватые трещинно-карстовые и трещинно-жильные воды зон тектонических нарушений.

Вторая группа объединяет такие артезианские бассейны, которые приурочены к глубоким прогибам или впадинам, где палеозойский фундамент относительно опущен и залегает на больших глубинах – более 5000–6000 м. К этой группе можно отнести Прикопетдагский, Устюртский, Центральнокаракумский, Амударьинский и другие артезианские бассейны с мощной толщей пород мезозойско-кайнозойского возраста.

В породах верхнего структурного этажа артезианских бассейнов второй группы формируется комплекс напорных водоносных горизонтов (в отложениях третичного, мелового и юрского возраста). Однако воды всех горизонтов имеют здесь высокую степень минерализации, вплоть до промышленных рассолов (130–200 г/л). Водоносность пород фундамента пока не изучена.

Для артезианских бассейнов первой группы четко отмечаются две области питания подземных вод и два вида стока. На участках обнажения пород фундамента в низкогорных возвышенностях юго-западных Кызылкумов и в других районах выхода водовмещающих мезозойско-кайнозойских пород на поверхность довольно отчетливо прослеживаются местные области питания подземных вод и местный подземный сток.

Эту форму питания и этот вид подземного стока можно назвать локальными. Местное питание подземных вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков, выпадающих непосредственно по площади естественного обнажения водоносных пород того или иного бассейна, а также за счет инфильтрации вод временно действующих поверхностных потоков по мелкой овражной сети. Однако, как отмечалось выше, в аридной зоне Туранской низменности выпадает незначительное количество атмосферных осадков – всего 80–100 мм в год. Из этого количества в пределах площади местного питания на инфильтрацию идет не более 10–15%, т.е. 8–12 мм в год. Местный подземный сток обычно формируется в пределах того же бассейна в виде мелких родников, пересыхающих обычно летом и питаемых

за счет естественной разгрузки подземных вод аллювиальных отложений.

Наряду с этим существуют вторая форма питания и второй вид подземного стока, контуры бассейнов которых определяются не геоморфологическими, а главным образом геолого-структурными условиями: тектоническими нарушениями и их физической структурой, а также литологическим составом пород фундамента артезианских бассейнов. Этот вид подземного стока и форму питания напорных водоносных горизонтов, имеющих довольно широкое развитие на площади первой группы артезианских бассейнов, можно назвать региональными.

Основные характерные особенности регионального подземного стока:

а) формирование основных потоков подземных вод в горно-складчатых сооружениях, непосредственно примыкающих к равнинно-степной части аридной зоны;

б) относительно большая глубина циркуляции подземных вод по зонам дробления тектонических нарушений, а также по трещиновато-закарстованным зонам карбонатных пород, обладающих высокими коллекторными свойствами. Эти особенности хорошо согласуются с температурным режимом подземных вод;

в) зависимость направленности регионального подземного стока от простирания геолого-структурных элементов горно-складчатых сооружений и пород фундамента артезианских бассейнов;

г) форма естественной разгрузки подземных вод регионального стока в виде крупных родников по пути движения от горных сооружений к пустыне, а также в виде перетекания в вышележащие напорные водоносные горизонты артезианских бассейнов Туранской низменности.

В связи с этим формирование регионального питания и регионального стока следует рассматривать как исторически сложившийся длительно действующий гидрогеологический процесс, не утративший своего значения и в современную эпоху.

Результаты разведочных работ и длительная эксплуатация гидрогеологических скважин, пробуренных на площади различных артезианских бассейнов первой группы, показывают, что емкостные запасы подземных вод регионального стока регулируют расход ресурсов напорных вод отдельных районов, а также устойчивые расходы крупных родников в наиболее засушливые годы (Плотников, 1955; Островский, Фомин, 1969).

Гидрогеологические данные по выходам родников вдоль зон тектонических нарушений с относительно постоянными расходами и повышенная температура воды в разведочных скважинах были использованы как поисковые признаки скрытых потоков трещинно-жильных вод. Именно по этим признакам была, например, заложена разведочная скважина в зоне Тамдынского разлома, которая на глубине 200 м вскрыла пресные трещинно-жильные воды. Дебит этой скважины (45 л/сек) практически не снижается вот уже более 10 лет.

Аномальные температурные зоны теплых подземных вод (+37,5 и +42°С), приуроченных к зонам тектонических нарушений, четко подтверждаются и данными разведочного бурения в породах верхнего яруса артезианских бассейнов.

Данные по температурному режиму напорных вод позволяют отметить, что циркуляция этих вод по зонам тектонических нарушений происходит на глубине не менее 800–1000 м. Эти данные хорошо совпадают с общей мощностью мезозойско-кайнозойских отложений, глубиной залегания фундамента, а также отвечают реальным геолого-структурным условиям аридной зоны Туранской низменности.

При разведке подземных вод на площади Сузакского артезианского бассейна были получены аналогичные гидрогеологические данные в районе Бетпакдалинской пустыни в Южном Казахстане. Исследованиями было установлено, что на формирование ресурсов пресных и слабосолоноватых подземных вод меловых и третичных отложений артезианского бассейна существенное влияние оказывает региональный сток, направленный со стороны хр. Каратау (с юго-запада) и частично с низкогорных сооружений Центрального Казахстана (с северо-востока).

Всесторонний анализ естественноисторических условий позволяет, таким образом, более объективно оценить ресурсы подземных вод артезианских бассейнов аридной зоны, что чрезвычайно важно в народнохозяйственном отношении. Вместе с этим необходимо рассматривать в гидрогеологическом отношении отдельные геолого-структурные области, горные сооружения и прилегающие равнинно-пустынные области не изолированно, а во взаимосвязи.

Рабочая гипотеза о формировании в среднеазиатской части аридной зоны регионального подземного стока со стороны примыкающих горно-складчатых сооружений и о его роли в питании водоносных горизонтов некоторых артезианских бассейнов позволила обосновать более широкое планирование разведочных гидрогеологических работ. В результате в пустынных областях республик Средней Азии выявлены довольно крупные ресурсы пресных и солоноватых подземных вод, позволившие не только обеспечить водоснабжение объектов сельскохозяйственного производства, но и организовать вокруг буровых скважин устойчивое оазисное орошение.

Можно предполагать, что выявленные выше закономерности могут иметь место и в аридных зонах других стран мира, где могут быть обнаружены аналогичные геолого-структурные и палеогеографические условия.

ABSTRACT

The study of the hydrogeological conditions of some desert flat regions in the USSR showed that regional ground-water flow from adjacent mountain-folded areas is essential in forming the ground-water resources of artesian basins in the arid zone. The regularities established may be found in arid regions of other countries.

ЛИТЕРАТУРА

Островский Л.А., Фомин В.М. Подземные воды равнинной части Средней Азии. М., "Недра", 1969.

Плотников Н.И. К вопросу формирования подземных вод полупустынных зон Средней Азии. – Советская геол., 1955, № 44.

Плотников Н.И. Некоторые особенности формирования естественных запасов подземных вод полупустынных зон. – Бюлл. МОИП, 1969, ч. 3.

С. М. ГОЛУБЕВ, И. Я. ПАНТЕЛЕЕВ

БОЛЬШОЙ САХАРСКИЙ АРТЕЗИАНСКИЙ БАССЕЙН И ЕГО ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ В ПРЕДЕЛАХ АЛЖИРА

Большой Сахарский артезианский бассейн[1] занимает в пределах Алжира площадь более 600 тыс.км^2 и контролируется залегающими в основании нижнемеловыми пестроцветными отложениями, известными под названием "Континенталь интерколер". Бассейн играет огромную роль в жизни и развитии производительных сил алжирской части великой пустыни. Его изучением в разное время занимались многие известные гидрогеологи – Ж. Саворнен, Ф. Пэ, А. Корне, Н. Гуськов, Г. Богомолов и другие ученые, в трудах которых дана преимущественно региональная характеристика бассейна.

За последние 10 лет в соответствии с алжиро-советскими соглашениями об экономическом и научно-техническом сотрудничестве в различных районах Алжирской Сахары проведены детальные гидрогеологические работы. Авторы, будучи участниками этих работ, сделали попытку обобщить накопившиеся материалы и кратко изложить современные представления о формировании и распространении подземных вод Большого Сахарского артезианского бассейна в пределах Алжира.

Бассейн представляет собой огромный природный резервуар пресных и маломинерализованных подземных вод, лишь частично используемых в народном хозяйстве (водоснабжение, обводнение пастбищ и орошение обширных плантаций финиковых пальм). В структурном отношении он приурочен к погружениям Сахарской плиты и с трех сторон обрамлен горными сооружениями: Сахарским Атласом – на севере, Угартскими цепями – на западе и массивом Ахаггар – на юге. Атлас образован мезокайнозойскими породами, Угарта – палеозойскими, Ахаггар – палеозой-докембрийскими. На восток граница бассейна открыта, и он продолжается на территории Туниса и Ливии.

---

[1] Иногда его называют Алжиро-Тунисским, что, по нашему мнению, не совсем точно, так как он захватывает и часть Ливии.

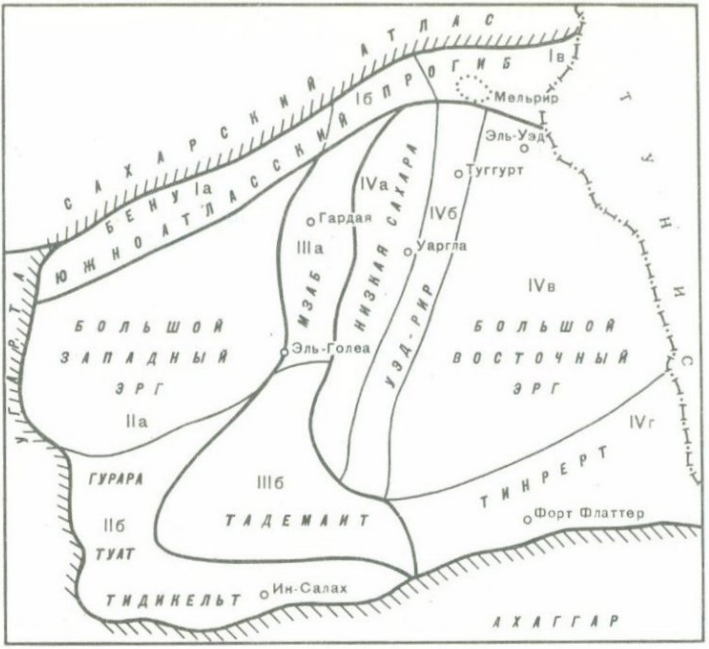


Схема гидрогеологического районирования

Гидрогеологические районы первого порядка: I – Южно-Атласский прогиб; II – Западное погружение; III – Центральное поднятие; IV – Восточное погружение

Гидрогеологические районы второго порядка: Iа – впадина Бену; Iб – выступ Улед-Джелаль; Iв – бассейн впадины Мельрир; IIа – бассейн Большого Западного Эрга; IIб – бассейн равнины Гурара – Тидикельт; IIIа – плато Мзаб; IIIб – плато Тадемаит; IVа – бассейн Низкой Сахары; IVб – бассейн Уэд-Рир; IVв – бассейн Большого Восточного Эрга; IVг – артезианский склон Тинрерт

Горные обрамления и внутренние поднятия, несмотря на аридность климата, достаточно надежные области питания для распространенных в бассейне пяти водоносных комплексов и горизонтов, приуроченных к нижнемеловым песчаникам ("Континенталь интеркалер"), верхнемеловым и нижнеэоценовым известнякам, миоплиоценовым пескам с озерными известняками и четвертичным пескам с гравием. Роль региональных водоупоров, обеспечивающих напоры подземных вод, играют глинистые породы сеномана (150–225 м), коньяк-кампана (200–450 м) и локально развитые (на северо-востоке) глинисто-гипсоносные породы среднего эоцена (70–150 м).

Изучены и разведаны подземные воды перечисленных комплексов и горизонтов по площади и на глубину неравномерно, однако имеющиеся к настоящему времени сведения позволили выявить некоторые

Гидрогеологические районы		Характеристика водо			носных комплексов		Практическое значение	
первого порядка	второго порядка	Возраст	Глубина залегания (в числителе), разведанная мощность (в знаменателе)	Дебит скважин Q, л/сек (в числителе), понижение S, м (в знаменателе)	Положение статического уровня от поверхности земли, м	Типы вод, минерализация, г/л	современное	перспективное
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Южно-Атласский прогиб (I)	Впадина Бену (Ia)	Четвертичный	Не разведан	–	–	Не изучены	–	–
		Миоплиоценовый	〃	Редкие колодцы с неустановленным расходом	–	〃	Используются редким населением для питья и водоснабжения	Перспективна разведка хозяйственно-питьевых вод в нижнемеловых отложениях
		Нижнемеловой	〃		–	〃		
	Выступ Улед-Джелаль (Iб)	Нижнеэоценовый	〃	Спорадические источники	–	〃	Практического значения не имеют	
		Верхнемеловой	〃					
	Бассейн впадины Мельрир (Iв)	Миоплиоценовый	60–800 / 150–200	5–30 / 12–55	-3 ÷ +65	SO_4; SO_4–Cl 1,0–3,5	Воды всех комплексов широко используются для водоснабжения, орошения и обводнения. Насчитывается более 200 водозаборных скважин	Возможно увеличение эксплуатационных ресурсов за счет более детальной разведки нижнемелового комплекса
		Нижнеэоценово-верхнемеловой	150–550 / 200–250	20–160 / 12–62	-4 ÷ +68	SO_4; SO_4–Cl 1,7–3,6		
		Нижнемеловой	До 1700 / 150	До 120 / -	+ 160	SO_4–Cl До 2,7		
Западное погружение (II)	Бассейн Большого Западного Эрга (IIa)	Четвертичный	5–20 / –	Колодцы с неустановленным расходом	-2 ÷ +18	HCO_3; HCO_3–SO_4; SO_4–HCO_3 0,3–1,5	Ограниченно используются грунтовые воды для водоснабжения редких кочевий и проходящих караванов. По окраинам бассейна имеется около 50 водозаборных скважин на нижний мел с высококачественной водой (Эль-Голеа)	Перспективны изучение грунтовых конденсационных вод в песках и целенаправленная разведка нижнемелового комплекса с самоизливающимися водами высокого качества
		Нижнемеловой	50–70 / До 100	0,7–3,5 / 7–10	+5 ÷ +10	HCO_3–SO_4; SO_4–HCO_3 0,3–1,2		

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Западное погружение (II)	Бассейн равнины Гура-ра-Тидикельт (IIб)	Нижнемеловой	20-150 / 50-140	5-110 / 4-20	До +14	$Cl-SO_4$; SO_4-Cl 1,5-4,0	Широко используются для водоснабжения и орошения группы оазисов. Насчитывается более 50 водозаборных скважин	Перспективна дальнейшая разведка нижнемелового комплекса
Центральное поднятие (III)	Плато Мзаб (IIIа)	Верхнемеловой	Не разведан	Колодцы в карстовых понижениях с неустановленным расходом	–	SO_4-Cl До 3	Ограниченно используются для питьевых целей вдоль дорог	–
		Нижнемеловой	100-400 / 30-150	15-60 / 7-24	-11 ÷ -92	HCO_3-SO_4; SO_4-Cl До 1,6	Используются для хозяйственно-питьевых целей и орошения	Перспективна дальнейшая разведка нижнемелового комплекса с насосной эксплуатацией
	Плато Тадемаит (IIIб)	Верхнемеловой	Не разведан	Редкие колодцы с неустановленным расходом	До -15	Не изучены	Ограниченно используются для питьевых целей вдоль дорог	–
		Нижнемеловой	250-350 / 40-100	15-40 / 12-36	+10 ÷ +40	SO_4; SO_4-HCO_3 До 1,5	Используются для водоснабжения и орошения	Перспективна разведка нижнемелового комплекса по подножиям плато
Восточное погружение (IV)	Бассейн Низкой Сахары (Уаргланский) (IVа)	Миоплиоценовый	30-50 / 20-50	30-50 / 11-15	До -2	SO_4;SO_4-Cl; $Cl-SO_4$ 1,5-4,0	Воды всех комплексов используются для водоснабжения и орошения. Насчитывается до 300 водозаборных скважин	Увеличение эксплуатационных запасов возможно за счет дальнейшей разведки нижнемелового комплекса
		Верхнемеловой	150-400 / 20-30	–	-1,6 ÷ +15	SO_4-Cl До 3		
		Нижнемеловой	750-1300 / 140-190	150-300 / 70-180	+108 ÷ +190	SO_4; SO_4-Cl 1,1-1,5		
	Бассейн Уэд-Рир (IVб)	Миоплиоценовый	30-370 / 50-100	30-150 / 5-21	+1,3 ÷ +21	SO_4-Cl; $Cl-SO_4$ 2,5-6,0	Воды всех комплексов широко используются для орошения. Насчитывается свыше 500 водозаборных скважин	Увеличение эксплуатационных запасов возможно путем улучшения технического состояния действующих скважин и дальнейшей разведки нижнемелового комплекса
		Нижнеэоценовый	200-500 / 100	32-104 / 0,5-22	+0,5 ÷ +22	SO_4-Cl 1,4-2,8		

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Восточное погружение (IV)	Бассейн Уэд-Рир (IVб)	Верхнемеловой	300–600 / 30–40	–	–	–		
		Нижнемеловой	1200–1500 / 200–250	250–320	(+250)–(+270)	SO_4–Cl 1,4–1,8		
	Бассейн Большого Восточного Эрга (IVв)	Четвертичный	3–20 / –	Колодцы с неустановленным расходом	–4 ÷ –12	HCO_3–SO_4;SO_4–Cl; 0,5–3,0	Ограниченно используются для орошения и водоснабжения	Перспективна дальнейшая разведка миоплиоценового и нижнемелового комплексов
		Миоплиоценовый	60–150 / 50–150	15–70 / 15–20	+5 ÷ –15	SO_4–Cl;Cl–SO_4 1,5–3,0	Используются для водоснабжения и орошения	
		Нижнеэоценовый–верхнемеловой	300–500 / –	Не разведан	Не изучено		Практически не используются	
		Нижнемеловой	900–1300 / 350	150–200 / 140–180	+60 ÷ +100	HCO_3–SO_4; SO_4–Cl; SO_4 1,0–1,5	Эксплуатируются отдельными скважинами	
	Артезианский склон Тинрерт (IVг)	Нижнемеловой	До 300 / До 150	40–60 / –	До +40	SO_4; SO_4–Cl 1,0–1,5	Эксплуатируются отдельными скважинами для водоснабжения и орошения	Перспективна дальнейшая разведка комплекса

гидрогеологические закономерности бассейна и предложить для него схему районирования с учетом природных особенностей и народнохозяйственного значения подземных вод выделяемых районов.

Известно, что в Алжирской Сахаре кроме традиционного выращивания фиников и верблюдоводства ныне интенсивно развивается промышленность, и прежде всего нефтегазовая. И ничто так не сопутствует успеху в освоении природных ресурсов пустыни, как наличие разведанных запасов подземных вод, являющихся здесь единственным источником водоснабжения.

Предлагаемая схема гидрогеологического районирования (рисунок) делит всю описываемую территорию на 4 крупных района первого порядка, внутри которых выделяются 11 районов второго порядка, преимущественно бассейнов подземных вод, занимающих локальные впадины. Краткая характеристика районов приводится в таблице.

Как видно из таблицы, наибольшее значение имеет нижнемеловой водоносный комплекс, разведка которого перспективна практически во всех выделенных районах. Потенциальные ресурсы этого комплекса очень велики и за их счет возможно существенное увеличение эксплуатационных запасов подземных вод в экономически освоенных или осваиваемых районах Алжирской Сахары. К числу таких районов в первую очередь относятся территории бассейнов Мельрир, Низкой Сахары, Уэд-Рир, Гурара – Тидикельт, окраинные части плато Мзаб.

Важнейшее условие рационального и оптимального использования запасов подземных вод в освоенных районах – улучшение технического состояния эксплуатационных скважин и организация регулярных наблюдений за режимом вод различных горизонтов.

На большей части территории, занятой бассейнами Западного и Восточного Эргов, дополнительным источником водоснабжения для развивающегося здесь орошаемого земледелия и животноводства могут стать конденсационные воды.

Условия формирования и распределения их пока не изучены, но о наличии участков скопления таких вод свидетельствуют временные колодцы, оборудуемые кочевниками среди барханных песков.

ABSTRACT

The Great Sahara artesian basin covers within the Algeria area more than 600,000 square kilometres and plays an important role in water supply, pasture watering and irrigation of agricultural lands and vast date plantations in particular. On the basis of the analysis and summing up inconsistent data on ground water and results of boring, made for the last ten years, the first detailed scheme of the hydrogeological subdivision of the area showing four regions of the first order and eleven regions of the second order, is suggested. The summary table contains the regional characteristics of main aquifer systems, including their present and perspective significance for developing local industrial and agricultural production.

The most extensive, productive and perspective aquifer is in Lower Cretaceous sandstones known locally as "Continental intercolour." It is most promising for further prospecting for water. The increase in safe yield in different areas of the basin may be attained also by improving the catchment of wells and prospecting for new areas of accumulation of condensed water in sand hills.

ВОПРОСЫ ПРИРОДНОГО И ИСКУССТВЕННОГО ВОСПОЛНЕНИЯ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В АРИДНЫХ ЗОНАХ

Ф. М. БОЧЕВЕР, Н. Н. ЛАПШИН, А. Е. ОРАДОВСКАЯ

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПОЛНЕНИЯ

1. НЕКОТОРЫЕ ОБЩИЕ ВОПРОСЫ. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПОЛНЕНИЯ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Искусственное восполнение запасов подземных вод во многих случаях предотвращает истощение естественных ресурсов эксплуатируемых водоносных горизонтов и создает условия для устойчивой работы водозаборов с заданным дебитом. Важная задача при этом – улучшение качества используемой для искусственного восполнения поверхностной ("сырой") воды в процессе фильтрации.

Однако полной очистки или, как иногда говорят, самоочищения сырой воды при содержании в ней устойчивых токсичных химических компонентов при фильтрации не происходит. Требующиеся состав и качественные показатели воды в водозаборном сооружении в таких условиях могут быть достигнуты далеко не всегда, особенно при повышенных концентрациях вредных веществ в сырой воде и значительной доле ее в общем балансе водозабора.

В связи с этим большое значение приобретает разработка методики прогноза производительности водозаборов и качества используемых ими подземных вод в условиях искусственного восполнения запасов. Такие прогнозы служат необходимой основой для технико-экономической оценки водозаборов и сопоставления их с возможными альтернативными вариантами водоснабжения.

При искусственном восполнении запасов водозаборы в большинстве случаев устраиваются из линейных рядов скважин и открытых инфильтрационных бассейнов или каналов. Используя метод фильтрационных сопротивлений и сложения течений, искомую величину понижения уровня S_0^* в водозаборах такого типа можно выразить в следующем общем виде:

$$S_0^* = S_в - \Delta h_б + \Delta S_{в,б}, \qquad (1)$$

где $S_в$ – понижение уровня в данной точке под влиянием самого водозабора; $\Delta h_б$ – повышение уровня в той же точке в результате поступления воды из инфильтрационных сооружений; $\Delta S_{в,б}$ – дополни-

23 9с7

тельные понижения уровня, обусловленные несовершенством водозабора и инфильтрационного сооружения.

Величина $\Delta S_{в,б}$ обычно мала по сравнению с первыми членами в уравнении (1) и определяется на последнем этапе расчета. Наиболее существенная задача расчета – оценка величин $S_в$ и $\Delta h_б$.

При этом, полагая $S_0 = S_0^* - \Delta S_{в,б}$, получим

$$S_0 = \frac{\alpha Q_в}{km}\left(R_в - \frac{\beta}{\alpha}\frac{Q_б}{Q_в} R_б\right), \tag{2}$$

или

$$Q_в = \frac{km S_0}{\alpha R_в} + \frac{\beta}{\alpha}\frac{R_б}{R_в} Q_б, \tag{3}$$

где $Q_в$ – дебит водозабора; $Q_б$ – расход из инфильтрационных сооружений; km – проводимость пласта (k – коэффициент фильтрации, m – мощность); $R_в$ и $R_б$ – безразмерные гидравлические сопротивления; α и β – численные коэффициенты, зависящие от типа и схемы водозабора и инфильтрационных сооружений.

Величины $Q_в$, $Q_б$, $R_в$ и $R_б$ в общем случае могут быть функциями времени.

Формула (3) определяет производительность водозабора при искусственном восполнении запасов подземных вод. Первым ее членом характеризуется количество воды, извлекаемое водозабором из самого пласта, вторым – дополнительное количество воды, поступающее к водозабору из инфильтрационных сооружений.

Отношением

$$\eta = \frac{\beta R_б}{\alpha R_в} \tag{4}$$

оценивается доля инфильтрационного расхода, увеличивающего производительность водозабора. Следовательно, величина η – коэффициент полезного действия инфильтрационных бассейнов. При $\eta \ll 1$ инфильтрационные воды в основном дренируются естественными водотоками (реками, озерами и т.п.), минуя водозабор. Наоборот, значения $\eta \to 1$ свидетельствуют о том, что инфильтрационные воды почти полностью используются водозабором; как видно из выражения (4), это возможно при $\alpha R_в \approx \beta R_б$, т.е. когда водозабор и инфильтрационное сооружение однотипны (по своим размерам, геометрической форме и т.д.) и, кроме того, достаточно близко расположены друг к другу.

Наряду с коэффициентом полезного действия инфильтрационных сооружений η можно получить коэффициент эффективности искусственного восполнения всего водозабора в целом ξ, исходя из следующего соотношения:

$$\xi = \frac{Q_в - Q_0}{Q_в} = \frac{\Delta h_б}{S_в + \Delta h_б}, \tag{5}$$

где Q_0 – дебит водозабора без искусственного восполнения. Коэффициент ξ, как и η, изменяется от 0 (при $\Delta h_б \to 0$) до 1 (при $S_в \to 0$). Если $\Delta h_б \approx S_в$, $\xi \approx 0{,}5$, т.е. весь водозабор наполовину обеспечивается инфильтрацией сырой воды.

Оба коэффициента (η и ξ) – важные показатели эффективности искусственного восполнения. Первый из них позволяет судить о правильности расположения инфильтрационного сооружения относительно водозабора; второй характеризует общее количество инфильтрационных сооружений и интенсивность поступления воды из них в сравнении с суммарным дебитом водозабора.

2. ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ВОСПОЛНЕНИИ

Эксплуатационные запасы подземных вод, т.е. производительность водозаборов в условиях искусственного восполнения, определяются на основе приведенных выше общих зависимостей (1)–(3). Специфическим элементом здесь является оценка величин $Q_б$ и $\Delta h_б$, существенно зависящих от режима работы инфильтрационных сооружений. В частности, в открытых инфильтрационных бассейнах принято выделять четыре основные стадии режима свободной фильтрации: 1) постепенного наполнения бассейна (при этом $Q_0 > Q_б \approx \text{const}$, $H_0 = At$); 2) фильтрации при максимально возможном уровне воды в бассейне ($Q_0 = Q_б$, причем $Q_б = Bt^{-1/2}$, или, при кольматации дна бассейна, $Q_б = B^* t^{-1}$, $H_0 = \text{const}$); 3) опорожнения бассейна [$Q_0 = 0$, $Q_б = C\exp(-Dt)$, $H_0 \approx C^* \exp(-Dt)$]; 4) чистки бассейна ($Q_0 = Q_б = 0$, $H_0 = 0$). Здесь Q_0 – подача (расход) сырой воды в бассейне; $Q_б$ – фильтрационный расход из бассейна в пласт; H_0 – уровень (напор) воды в бассейне; A, B, B^*, C, C^*, D – коэффициенты, определяемые мутностью сырой воды, фильтрационными опытными свойствами образующегося на дне осадка (и пленки) и грунтов зоны аэрации и некоторыми другими параметрами; t – время.

Указанные стадии режима фильтрации из бассейна, в совокупности составляющие один рабочий фильтроцикл, систематически повторяются в течение всего периода эксплуатации водозабора, и таким образом работа бассейна носит периодический характер. Вследствие этого функцию инфильтрационного расхода из бассейна $Q_б = Q_б(t)$ можно представить в виде ряда Фурье с периодом T (рис. 1):

$$Q_б(t) = Q_б + \sum_{k=1}^{\infty} \left(a_к \sin \frac{2k\pi t^*}{T} + b_k \cos \frac{2k\pi t^*}{T} \right), \qquad (6)$$

где $Q_б = \frac{1}{T} \int_0^T Q_б(t)\,dt$; a_k, b_k – коэффициенты ряда Фурье.

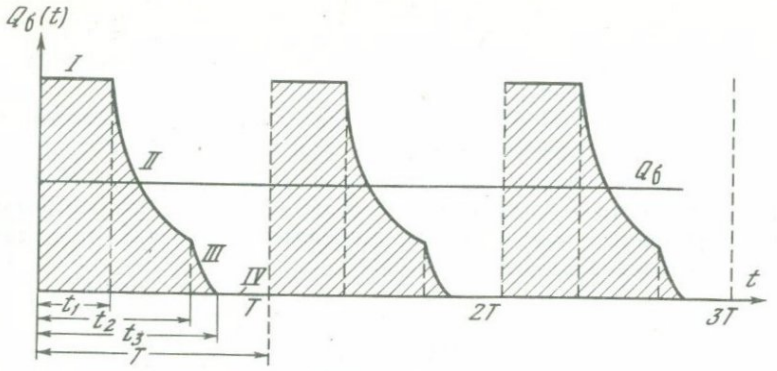


Рис. 1. Схематический график изменения инфильтрационного питания из бассейна по стадиям

I – наполнение; II – фильтрация при постоянном уровне; III – опорожнение; IV – чистка

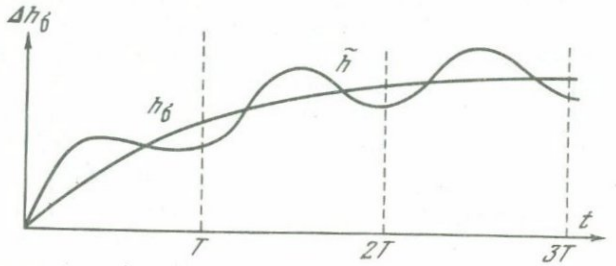


Рис. 2. Изменение уровня грунтовых вод при работе инфильтрационных сооружений

Таким образом, периодически изменяющийся инфильтрационный расход из бассейна выражается суммой постоянного во времени среднего расхода $Q_б$ и некоторого переменного дополнительного расхода $\tilde{Q}(t^*)$, т.е.

$$Q_б(t) = Q_б + \tilde{Q}(t^*). \tag{7}$$

Аналогично подъем уровня подземных вод при работе инфильтрационного бассейна можно представить в следующем виде:

$$\Delta h_б = h_б + \tilde{h}. \tag{8}$$

Первый член в этой формуле характеризует основную часть общего повышения уровня и определяет среднее положение уровня подземных вод в результате восполнения. Относительно этого среднего положения в пределах каждого цикла T происходят колебания уровня воды, амплитуда которых в зависимости от времени характеризуется функцией $\tilde{h}$ (рис. 2).

Исходя из сказанного, подъем уровня $h_б$ в общем виде может быть представлен следующим образом:

$$h_б = \frac{\beta W}{k m T} R_б, \qquad (9)$$

где W – общее количество воды, поступающей в водоносный горизонт из бассейна за один рабочий фильтроцикл; $R_б$ – фильтрационное сопротивление, характеризующее работу бассейна при постоянной средней величине инфильтрации.

Изменение уровня $\tilde{h}$ зависит от режима работы инфильтрационного сооружения, т.е. от величины и скорости изменения инфильтрационного расхода, а также от типа бассейна. Относительно простые выражения для определения величины $\tilde{h}$ получаются для случая, когда инфильтрационное питание в пределах каждого цикла постоянно, т.е. для первой стадии работы бассейна. Анализ этих выражений показывает, что периодические колебания уровня $\tilde{h}$ происходят с наибольшей амплитудой непосредственно вблизи инфильтрационного сооружения, с удалением же от него амплитуда изменения уровня уменьшается пропорционально параметру $x/\sqrt{aT}$, где x – расстояние от бассейна, a – коэффициент пьезопроводности пласта. Если водозабор располагается на расстоянии $x/\sqrt{aT} > 2 \div 3$, то величину $\tilde{h}$ можно не учитывать.

При сложном характере изменения инфильтрационного расхода можно использовать прием ступенчатой аппроксимации действительной кривой $Q_б(t)$ (рис. 3) и на каждой ступени считать расход постоянным. В этом случае (рис. 4)

$$\tilde{h} = \sum_{i=1}^{n} \tilde{h}_i, \qquad (10)$$

где n – количество интервалов; $\tilde{h}_i$ – дополнительное повышение уровня от i-й ступени.

На основе изложенного выше общая формула для определения понижения уровня подземных вод при действии водозабора в условиях искусственного восполнения запасов подземных вод представляется в следующем виде:

$$S_0 = \frac{aQ_в}{km} R_в - \frac{\beta w}{k m T} R_б - \tilde{h}. \qquad (11)$$

Максимально возможный дебит водозабора достигается, когда $S_0 = S_{0\max}$ и $\tilde{h} = \tilde{h}_{\min}$. При этом, разрешая равенство (11) относительно дебита водозабора, получим

$$Q_в = \frac{k m \tilde{S}_{0\max}}{aR_в} + \frac{W}{T} \eta, \qquad (12)$$

где $\tilde{S}_{0\max}$ – максимально допустимое понижение уровня с учетом

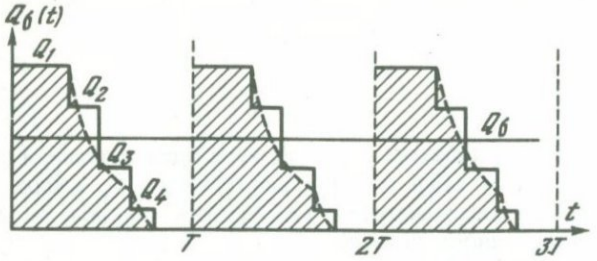


Рис. 3. Аппроксимация действительной кривой изменения инфильтрационного расхода грунтовых вод из бассейна ступенчатой функцией

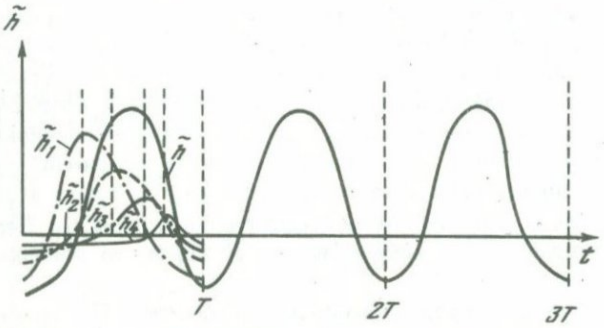


Рис. 4. Определение результирующего повышения уровня грунтовых вод при сложном законе изменения инфильтрационного питания

колебаний кривой депрессии подземных вод за счет неравномерности работы бассейна, $S_{0\,max} = S_{0\,max} + \tilde{h}_{min}$; R_B – значение функции гидравлического сопротивления, обусловленного работой водозабора; η – коэффициент полезного действия инфильтрационного сооружения; α и β – численные коэффициенты, см. формулы (2)–(4).

3. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ВОСПОЛНЕНИИ ЗАПАСОВ

Качество воды при искусственном восполнении запасов подземных вод определяется качеством "сырой" воды, поступающей в инфильтрационные сооружения, и качеством природных подземных вод, содержащихся в эксплуатируемом пласте и привлекаемых в процессе длительной откачки водозабором из рек и соседних водоносных горизонтов.

В инфильтрационных бассейнах и в зоне аэрации происходит трансформация качества сырой воды по бактериологическим, органолептическим и химическим показателям. Основные процессы, обусловливающие эти изменения, следующие:

а) отстаивание воды в бассейнах и фильтрация через мелкодисперсные грунты его основания, приводящие к освобождению от ми-

неральных частиц и микроорганизмов; б) биохимическое разложение легкоокисляющихся веществ, сопровождающееся увеличением в воде соединений азота, свободной углекислоты и уменьшением содержания растворенного кислорода; в) адсорбция бактерий, коллоидальных и эмульгированных веществ.

В адсорбированном состоянии выживаемость санитарно-показательных бактерий достигает 400 сут.

При движении по водоносному пласту инфильтрационные воды вступают в физико-химическое взаимодействие с природными водами и породами. При оценке роли этого процесса на современном этапе наших знаний можно исходить из следующих положений.

Явления сорбции целесообразно учитывать для веществ, содержание которых в сырой воде ненамного превышает предельно допустимые величины и которые в то же время заметно поглощаются грунтами (например, радиоактивные вещества, бактерии, эмульгированные нефтепродукты). При этом ощутимое снижение концентрации неблагоприятного компонента в результате сорбции можно ожидать только при кратковременном его появлении в сырой воде.

Длительное поступление в водоносный горизонт компонента, несмотря на его способность сорбироваться, со временем приводит к полному использованию сорбционной емкости породы и при коротких путях фильтрации – к появлению этого компонента в водозаборе.

Результирующее качество воды в водозаборном сооружении при содержании в сырой воде устойчивых, неразлагающихся и не выпадающих в осадок токсичных химических веществ должно устанавливаться в расчете на смешивание сырой воды (и разбавление ее при этом) с природными водами данного пласта и водами, привлекаемыми дополнительно из других источников в процессе эксплуатации водозабора. В этом случае относительное изменение содержания компонента в воде находится по следующему соотношению:

$$\Delta\overline{C} = \eta\frac{Q_б}{Q_в} \text{ или } \Delta\overline{C} = \xi, \left(\Delta\overline{C} = \frac{C_в - C_п}{C_с - C_п}\right), \qquad (13)$$

где $C_в$, $C_с$ и $C_п$ – концентрации прослеживаемого компонента соответственно в водозаборе, сырой воде и природных пластовых водах; η и ξ – коэффициенты полезного действия и эффективности инфильтрационных сооружений, см. формулы (4) и (5); $Q_б$ – поступающий из них расход; $Q_в$ – расход водозабора.

Территория санитарной охраны водозаборов подземных вод с искусственным восполнением запасов подземных вод, как и в обычных водозаборах, включает две зоны: зону строгого режима и зону ограничений. Первая из них охватывает весь комплекс сооружений – собственно водозаборных (скважины) и инфильтрационных (бассейны, каналы и др.). Размеры второй – зоны ограничений – устанавливаются в зависимости от местных условий с учетом возможного влияния действующих (активных) и ранее образовавшихся (пассивных) источников загрязнения, находящихся в области влияния водозабора.

ABSTRACT

General techniques of predicting water–intake yields and quality of ground water developed in artificial recharge conditions are suggested. The evaluation of artificial recharge efficiency involves (1) the coefficient of efficiency of seepage structures allowing to locate them properly in respect to the water intake, and (2) the coefficient of efficiency of artificial recharge of the whole water intake, characterizing the total number of seepage structures and rate of water inflow from them in comparison with the total water–intake yield.

Four stages of the regime of free flow from seepage structures governing the periodic change in recharge are distinguished.

The method of hydrodynamic evaluation of ground–water levels and water–intake yields with allowance for the periodic character of recharge is suggested. A calculation formula for determining the water–intake yield with allowance for maximum permissible water level lowering in conditions of depression curve fluctuation due to irregularity of seepage structure operation is presented.

The quality of recharge water depends on that of raw water supplied to seepage structures and that of natural ground water of the aquifer being developed.

In the course of seepage, the quality of raw water changes in bacteriologic and chemical respect, its odour and colour also change in seepage basins, in the zone of aeration and the aquifer.

The resulting quality of water in the water intake in case of presence of stable, not decomposing and not precipitating toxic chemical substances should be determined proceeding from mixing and diluting of raw water with natural ground water and recharge water from other sources.

К. И. СЫЧЕВ

О РЕЖИМЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОСПОЛНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД В РЕЧНЫХ ДОЛИНАХ АРИДНОЙ ЗОНЫ

Подземные воды речных долин засушливых областей территории СССР (Казахстан, Средняя Азия) – основные источники хозяйственно–питьевого водоснабжения городов, промышленных предприятий и сельского хозяйства.

В связи со строительством в этих районах ряда водозаборов большое значение для прогноза их многолетней эксплуатации имеет выявление закономерностей естественного восполнения запасов грунтовых вод.

Наблюдениями на воднобалансовых площадках установлено, что условия естественного восполнения и режим подземных вод в долинах рек засушливых областей тесным образом связаны с режимом

поверхностного стока и основными климатическими факторами: количеством выпадающих атмосферных осадков, их внутригодовым распределением и температурой воздуха.

Наибольшее значение в формировании ресурсов грунтовых вод речных долин имеет инфильтрация поверхностных вод, особенно при наличии постоянного поверхностного стока. Однако значительное число рек обладает резкой изменчивостью стока по сезонам года и в многолетнем разрезе. Так, в центральных районах Казахстана основная масса речной воды (до 90–95%) проходит весной после снеготаяния во время бурного короткого паводка. По данным продолжительных гидрологических наблюдений выделяются определенные ритмы в чередовании маловодных и многоводных периодов (5–9 лет), обусловленные ритмическими изменениями климата. В связи с этим естественное восполнение грунтовых вод четвертичных аллювиальных отложений за счет инфильтрации паводкового стока происходит периодически.

Вслед за циклом маловодных засушливых лет, когда питание за счет поверхностных вод весьма незначительно, наступает период лет средней и высокой водности, в течение которого грунтовые воды получают существенное пополнение своих запасов. Своеобразие режима грунтовых вод в долинах таких рек заключается в том, что гидрологический фактор оказывает свое положительное воздействие периодически, лишь во время кратковременных весенних паводков. Благодаря доминирующему значению в этот период инфильтрации поверхностных вод климатическое влияние на режим грунтовых вод выражено неясно.

Величина поглощения паводкового стока зависит от расхода реки и длительности периода существования поверхностного стока, ширины и протяженности русла на участке инфильтрации, глубины воды в русле, степени кольматации русловых отложений, от проявления процессов береговой и донной эрозии. Экспериментальными исследованиями в зоне развития сезонной мерзлоты получены интересные данные о зависимости инфильтрации поверхностных и снеготалых вод от механического состава покровных отложений, их осеннего увлажнения и глубины промерзания.

Наибольшей способностью к инфильтрации обладают слабоувлажненные с осени супесчаные грунты и песчано–гравийно–галечниковые русловые отложения, способные аккумулировать до 70–80% от суммы зимне–весенних атмосферных осадков. Наоборот, в случае покровных отложений, представленных суглинистыми разностями, при условии повышенной увлажненности их в осенний период зимой образуется достаточно сцементированный смерзшийся слой пород мощностью до 1 м к началу снеготаяния, который препятствовал интенсивной весенней инфильтрации. Таким образом, затяжная осень с обильными дождевыми осадками и внезапное наступление заморозков сказываются отрицательно на инфильтрации снеготалых вод в весенний период последующего года. Одновременно создаются более благоприятные условия для формирования паводкового стока, так как

снеготалые воды стекают по мерзлым покровным отложениям и мало расходуются на промачивание и инфильтрацию в почвогрунты.

Многолетняя изменчивость естественного питания грунтовых вод была исследована на участке среднего течения в долине одной реки в Центральном Казахстане. Условия формирования подземных вод долины характеризуются активной взаимосвязью с поверхностным стоком, обладающим резко выраженным периодическим режимом. Опытные кустовые откачки, выполненные после прохождения весеннего паводка, показали, что гидравлическое сопротивление русла реки составляет всего 30–40 м. Это свидетельствует о том, что благодаря боковой и донной эрозии весной происходит деформация русловых отложений, препятствующая их постоянной кольматации и заилению взвешенными в воде частицами.

Величина восполнения запасов грунтовых вод определялась по данным наблюдений за их режимом в специально созданной сети скважин как приращение объема естественных запасов на балансовом участке площадью 78 км^2. С использованием многолетних гидрологических наблюдений была установлена корреляционная зависимость между величиной восполнения грунтовых вод и объемом поверхностного стока, проходящего в весенний период:

$$Q_e = 451 \ln \ln (W_p - 2{,}7) - 112, \qquad (1)$$

где Q_e – естественное восполнение грунтовых вод; W_p – объем поверхностного стока в период весеннего половодья, млн.м^3.

Ежегодное естественное восполнение запасов грунтовых вод участка было рассчитано за 38-летний ряд – с 1931 по 1968 г. (рис. 1).

Статистическая обработка опытных данных по стандартной программе для уравнений регрессии показала достаточно тесную связь между указанными выше величинами Q_e и W_p (коэффициент корреляции 0,86). При подсчете ординат кривой обеспеченности P среднегодовых значений естественного восполнения грунтовых вод наибо-

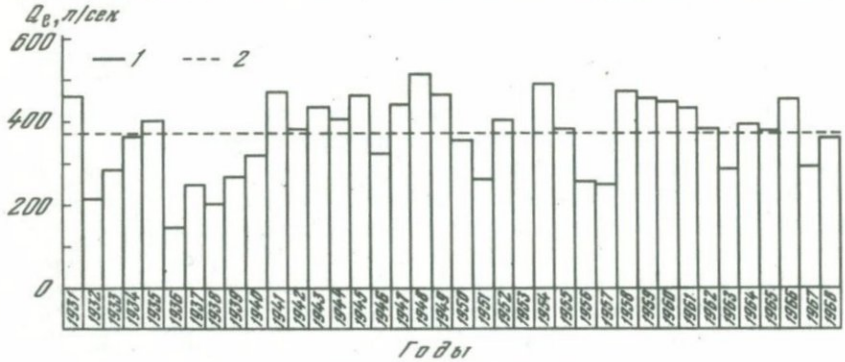


Рис. 1. Диаграмма многолетнего распределения естественного восполнения грунтовых вод на опытно-балансовом участке долины р. Шерубайнуры (Центральный Казахстан)

1 – среднегодовые расходы; 2 – средний многолетний расход

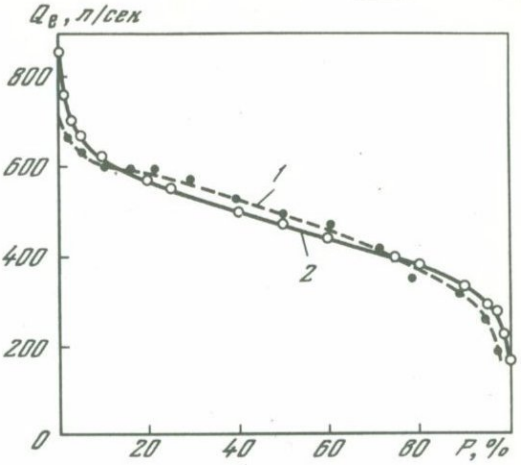


Рис. 2. Кривые обеспеченности среднегодового естественного восполнения запасов грунтовых вод

1 – фактическая кривая; 2 – теоретическая

лее близкие к фактическим данные были получены при найденных коэффициентах вариации C_v = 0,24 и асимметрии $C_s = C_v$.

Анализ фактической и теоретической кривых обеспеченности (рис. 2) позволил сделать следующие выводы.

1. Максимальная из найденных величин питания грунтовых вод участка, равная 515 л/сек (1948 г., P = 36%), примерно в 3,5 раза превышает минимальную из зафиксированных за 38-летний период – 148 л/сек (1936 г., P = 98%).

2. Норма естественного восполнения грунтовых вод в количестве 370 л/сек имеет обеспеченность около 50% и в среднем повторяется один раз в два года.

3. Наибольшая длительность периода с величиной восполнения ниже нормы наблюдалась с 1936 по 1940 г. включительно или 5 лет подряд. Это значит, что общий расчетный срок сработки естественных запасов подземных вод при проектировании водозабора должен приниматься порядка 1800 сут.

4. В связи с многолетней изменчивостью естественного восполнения грунтовых вод в долинах рек засушливых областей оценка его по данным наблюдений за один-два года, т.е. в течение периода гидрогеологических изысканий, может привести к существенным ошибкам в сторону завышения или занижения среднегодовых значений.

5. Для достоверных прогнозов работы водозабора и режима естественного восполнения подземных вод в таких условиях необходимо проводить наблюдения не менее 7–10 лет подряд для установления корреляционной связи с основными природными факторами формирования ресурсов подземных вод – речным стоком и количеством атмосферных осадков.

Чтобы повысить эффективность исследований взаимосвязи поверхностных и подземных вод, целесообразно организовать на реках вблизи действующих государственных постов Гидрометслужбы опорные наблюдательные створы за режимом грунтовых вод, поручив

проведение наблюдений по ним гидрогеологическим режимным партиям территориальных геологических управлений. Кроме того, для этих целей необходимо использовать наблюдения за режимом подземных вод в репрезентативных бассейнах стока, проводимые в СССР по программе Международного гидрологического десятилетия (МГД).

ABSTRACT

Most rivers in the arid zone of the USSR are characterized by a sharp variability in runoff for each season of the year and over a long-term period which influences the value of natural recharge of unconfined ground water and yields of water intakes.

The conditions of the river and ground water interconnection have been studied at the experimental-balance plot in the Sherubainura River Valley in Central Kazakhstan. According to the data on long-term hydrological observations a correlation relationship has been established between the value of natural replenishment of the ground water Q_e and the volume of surface runoff at spring flood-time. Probabilistic-statistic treatment of the experimental data allowed to construct a theoretical curve of the probability P of the mean annual discharge of natural replenishment of unconfined ground water resources. When calculating the ordinates of the probabilistic binomial curve, data approaching to factual data were obtained with factors of variation $C_v = 0{,}24$ and asymmetry $C_s = C_v$.

The analysis of the long-term distribution Q_e showed that the maximum value of ground water recharge estimated in 1948 ($P = 36\%$) is almost 3.5 times as high as the minimum established for the 38-year period (1936, $P = 98\%$). The longest duration of the period when the recharge value was less than the standard amounted to five years, from 1936 to 1940.

In the conditions considered, for reliable predictions of the water-intake yield and natural replenishment of unconfined ground water it is necessary to carry out simultaneous observations of the value of surface runoff, precipitation and the ground-water regime over a period of no less than 7–10 successive years.

М. А. ХОРДИКАЙНЕН

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПОЛНЕНИЯ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ

(на примере Средней Азии, Забайкалья и Центральной Якутии)

Непрерывно возрастающее использование в народном хозяйстве подземных вод приводит во многих районах к истощению водоносных горизонтов, что требует широкого применения искусственного восполнения запасов подземных вод. Особенно широко этот процесс

наблюдается в аридной зоне и в артезианских бассейнах платформенного типа. Обобщение опыта искусственного восполнения подземных вод, потребность в создании региональной научной гидрогеологической основы его применения обуславливают необходимость систематизации и рассмотрения возможности его использования в региональном плане.

Особенно это относится к странам, охватывающим обширные территории с многообразными и весьма различными природными условиями. Такой страной прежде всего является СССР. Поэтому была поставлена задача провести районирование территории СССР по условиям создания искусственных запасов подземных вод.

Для ее решения в институте ВСЕГИНГЕО (Москва) была разработана оригинальная методика (Хордикайнен, 1974а,б), предусматривавшая создание карт: карты основных водоносных горизонтов, перспективных для искусственного восполнения подземных вод; карты источников восполнения; карты районирования. Согласно терминологии М.Р. Никитина (1969), последняя является картой отраслевого гидрогеологического районирования.

Методика районирования включает четырехчленную таксономическую классификацию районов. В качестве районов первого порядка выделяются структурно-геоморфологические типы территорий, районов второго порядка – их морфогенетические типы (Глазунов, Роговская, 1968). Основные критерии выделения районов на стадии специального районирования – районов третьего порядка: наличие или отсутствие природной емкости, потребности в искусственном восполнении, источника восполнения и экономического фактора. На основе анализа соотношения перечисленных факторов получено восемь видов районов третьего порядка, которым присвоены индексы от А до 3. Индексу А отвечают районы, в которых имеются емкость, потребность и источник восполнения; индексу 3 – районы, в которых потребность, емкость и источники восполнений отсутствуют. Районы четвертого порядка выделяются внутри районов третьего порядка по методам искусственного восполнения и пополнения подземных вод. В результате проведенного районирования выделено три группы регионов: регион, где потребность в искусственном восполнении имеется уже в настоящее время; затем регион, где сейчас потребности в этом нет, но она возникнет в ближайшие 15–20 лет; наконец, регион, где потребность в восполнении в обозримом будущем не предвидится.

В результате проведенной работы для каждого региона СССР рекомендованы наиболее перспективные водоносные горизонты и комплексы, выявлены возможные источники получения воды для погружения в коллекторы – водоносные пласты, а также рекомендованы оптимальные для данных условий методы восполнения.

В результате выделения на карте районирования районов третьего порядка она становится существенным информативным материалом для планирования использования подземных вод. На основе карты районирования можно проектировать геологоразведочные работы с

целью оценки перспективных подземных емкостей на ранее не изученных территориях, учитывать наличие потребителей подземных вод, оценивать районы, в которых требуется подвод источников воды извне.

Аридная зона СССР характеризуется большим разнообразием. Здесь развиты типичные внетропические песчаные и каменистые пустыни (Каракумы, Кызылкумы, Бетпак-Дала), обширные межгорные впадины (Ферганская, Чуйская и др.), холодные аридные области, например высокогорье Восточного Памира или Центральная Якутия, где годовое количество осадков составляет 70–200 мм, а средние годовые температуры ниже нуля и широко развита многолетняя мерзлота.

Столь же сильно различные районы аридной зоны отличаются и по геологическому строению, гидрогеологическим и геоморфологическим условиям, по обеспеченности источниками восполнения запасов подземных вод. Потребность в обобщении материалов по изучению условий применения искусственного восполнения в аридных районах, в создании методической региональной научной основы внедрения искусственного восполнения подземных вод в практику обусловили, например, разработку методики районирования по условиям применения искусственного восполнения подземных вод для территории Узбекистана (Мирзаев, 1972). Всю территорию аридной зоны по гидрогеологическим особенностям и возможности искусственного восполнения подземных вод можно разделить на три области: 1) область, благоприятная для широкого использования искусственного восполнения – горная и предгорная зоны Средней Азии; 2) область, где искусственное восполнение запасов подземных вод возможно, но не в столь крупных масштабах, как в первой, – Центральный Казахстан, краевые части артезианских бассейнов (Сырдарьинского, Тургайского и др.) Туранской платформенной артезианской области, Южное Забайкалье; 3) область с неблагоприятными условиями искусственного восполнения подземных вод – артезианские бассейны Туранской области, Восточный Памир, Центральная Якутия.

В горной и предгорной областях Средней Азии коллекторы, наиболее удобные для искусственного восполнения запасов подземных вод, – конуса выноса, предгорные шлейфы, межгорные впадины и речные долины, сложенные толщами хорошо проницаемых аллювиально-пролювиальных галечников и грубозернистых песков. Возможности искусственного восполнения здесь практически не ограничены как потенциальной емкостью коллекторов, так и почти повсеместным наличием источников восполнения. Потребности в воде здесь велики, отбор подземных вод быстро растет, и в условиях ограниченного питания водозаборы работают в неустановившемся ражиме (Алма-Ата, водозаборы в предгорном шлейфе в недавнем прошлом Копетдага и т.д.).

В последнем случае мощным источником воды для восполнения подземных вод может служить Каракумский канал имени В.И. Ленина. Основной метод восполнения здесь – распределение: инфильтрация из поглощающих бассейнов, каналов и т.д., разлив воды по поверхности конусов выноса, особенно в их верхней и средней частях, рас-

чистка русел рек. Эта территория относится к району третьего порядка А, т.е. здесь имеются емкость, потребность в восполнении и его источник.

В Центральном Казахстане поглощающие коллектора – высокопроницаемые карстовые известняки турне и аллювиальные пески в долинах рек Казахстанского типа, сток в которых наблюдается 1–2 мес. в году. Участки, сложенные проницаемыми породами, развиты спорадически на общем фоне геологических формаций, малоблагоприятных для восполнения подземных вод. В краевых частях артезианских бассейнов основной водоносный горизонт, в который можно искусственно погружать воду, меловой, представленный песками,

В Южном Забайкалье основные коллектора сосредоточены во впадинах Байкальского и Забайкальского типов – это пески, гравий, галечники, слабо сцементированные песчаники, конгломераты позднеюрского–раннемелового, палеогенового и четвертичного возрастов, а также аллювиальные четвертичные песчаные отложения речных долин. Возможности искусственного восполнения здесь ограничены мозаичностью, спорадическим развитием подземных емкостей, а также необеспеченностью источниками восполнения. В качестве источника здесь должен аккумулироваться паводковый сток по небольшим пересыхающим речкам и логам (аналоги американских "крик"), мощный источник восполнения – сооружения, подающие воду извне на большие расстояния. Преобладающий способ восполнения здесь также распределение. Основные районы характеризуются индексами Б (отсутствует источник восполнения), Д (отсутствует емкость), Е (нет емкости и местных источников восполнения) и т.д.

В ряде артезианских бассейнов неблагоприятные гидрогеологические условия искусственного восполнения запасов подземных вод обусловлены глубоким залеганием водоносных горизонтов, в основном песков (500–1500 м), и их невысокой проницаемостью (Туранская область), наличием многолетнемерзлых пород и низкими фильтрационными свойствами водоносных горизонтов (Восточный Памир, Центральная Якутия).

Для небольшого местного водоснабжения в песчаных пустынях Туркмении и Узбекистана, на плато Устюрт следует рекомендовать погружение в пески местного (такырного) стока (Кунин, Лещинский, 1960), различные приемы вроде снегозадержания, аккумуляции микроручейкового стока и т.д. Эксперименты, проведенные в таликовых зонах аласных котловин Центральной Якутии (Паршин, 1973), показали возможность магазинирования воды в небольших количествах (десятки, сотни тысяч $м^3$) в песках озерно–аллювиальных отложений.

Источниками восполнения ресурсов может явиться аллохтонный сток рек (Амударья, Сырдарья, Лена и ее притоки). Основной метод восполнения – использование нагнетательных скважин (Паршин, 1973) и распределение, использование инфильтрационных сооружений (Хордикайнен, 1974б). Наиболее широко здесь распространены районы, характеризуемые индексами Е, Ж (отсутствует емкость и потребность в восполнении).

ABSTRACT

Subdivision of the USSR area according to conditions of formation of artificial ground–water resources has been performed on the basis of a new technique developed in the All–Union Scientific Research Institute of Hydrogeology and Engineering Geology. This subdivision is a scientific regional hydrogeological basis of wide application of artificial recharge for intensive ground–water use in the national economy. This problem is especially urgent in the arid zone where scarcity of water resources and intensified utilization of ground water for irrigation are often responsible for depletion of aquifers.

The report briefly discusses the geological aspects of the possibility of artificial replenishing ground–water resources in different areas of the arid zone of the USSR. Most favourable geological conditions of ground water recharge are characteristic of the mountain and piedmont zone of Central Asia where alluvial fans, piedmont trains and intermountain depressions filled with highly permeable thick formations of alluvial and proluvial pebbles and sands occur and Central Kazakhstan where karst limestone strata and alluvial sands of river valleys occur. Less favourable geological conditions are typical of the South Trans–Baikal Area where alluvial and Cretaceous aquifers in depressions of the Baikal and Trans–Baikal types are promising for ground–water recharge. An unfavourable geological structure for ground–water recharge is observed in cold arid regions of Central Yakytia where permafrost is wide–spread. Here, recharge is possible only in small talik zones of an aquifer system in alluvial deposits.

ЛИТЕРАТУРА

Глазунов И.С., Роговская Н.В. Методы гидрогеологических исследований и расчетов для обоснования магазинирования пресных вод. М., ВСЕГИНГЕО, 1968.

Кунин В.Н., Лещинский Г.Т. Временный поверхностный сток и искусственное формирование грунтовых вод в пустыне. М., Изд–во АН СССР, 1960.

Мирзаев С.Ш. К методике региональной оценки перспектив искусственого создания и восполнения запасов подземных вод. – Узб. геол. ж., 1972, № 1.

Никитин М.Р. Об основных вопросах гидрогеологической картографии. М., ВСЕГИНГЕО, 1969.

Паршин А.П. Результаты опытных работ по созданию искусственных запасов подземных вод в таликовых зонах Центральной Якутии. – В сб. "Гидрогеологическое обоснование искусственного пополнения запасов подземных вод", ч. 1. М., ВСЕГИНГЕО, 1973.

Хордикайнен М.А. К методике районирования территории СССР по условиям создания искусственных запасов подземных вод. – Разведка и охрана недр, 1974а, № 1.

Хордикайнен М.А. Об искусственном восполнении запасов подземных вод. – Водные ресурсы, 1974б, № 2.

Н. Н. ХОДЖИБАЕВ

ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНЫХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИЙ СРЕДНЕЙ АЗИИ, ЗАТРАГИВАЕМЫХ МЕЖБАССЕЙНОВЫМИ ПЕРЕБРОСКАМИ РЕК

Переброска части стока сибирских рек в бассейны Амударьи, Сырдарьи и маловодные области Казахской ССР значительно повлияет на природную обстановку этих регионов. Поэтому чрезвычайно важно своевременно предвидеть конкретные последствия указанного влияния.

Задачи современного планирования мероприятий по обеспечению благоприятной направленности гидрогеолого-мелиоративных процессов в изменяющихся (в связи с переброской стока рек, сельскохозяйственным освоением и орошением) условиях необходимо решать на основе объективных прогнозов этих процессов. Прогнозы в свою очередь должны базироваться на специальном гидрогеолого-мелиоративном районировании, учитывающем современную гидрогеологическую обстановку и предпосылки ее изменения в ходе водохозяйственной деятельности человека. Главная из таких предпосылок – естественная дренированность территорий, показатель степени обеспеченности отвода возрастающего (в связи с фильтрацией и инфильтрацией ирригационных вод) питания подземных вод. Она и должна быть положена в основу гидрогеолого-мелиоративного районирования.

Руководствуясь идеями О.К. Ланге и М.М. Крылова, по геолого-структурному и физико-географическому признакам мы выделяем две провинции как единицы районирования высшего порядка: 1) геосинклинальную, предгорно-горную с высотно-зональными грунтовыми водами; 2) платформенную, равнинно-низменную с широтно-зональными грунтовыми водами.

Первая провинция, для которой справедлив закон высотной зональности грунтовых вод, объединяет предгорные и межгорные впадины. Вторая провинция, формирование грунтовых вод которой подчинено широтной зональности, включает аллювиальные равнины, дельты рек и плато. Если для первой провинции характерны пресные воды, формирующиеся на фоне процессов гидрохимического вышелачивания, то во второй, где преобладают интенсивное испарение и континентальное засоление грунтовых вод, последние преимущественно соленые или солоноватые.

Развитие гидрогеологического процесса, как свидетельствует весь опыт гидрогеолого-мелиоративных исследований, специфично для каждого самостоятельного гидрогеологического района, бассейна грунтовых вод и для отдельных его составляющих – потоков грунтовых вод. В принятой нами таксономической схеме гидрогеолого-мелиоративного районирования внутри провинций по признаку законченности гидрогеологического процесса выделяются области, бассейны грунтовых вод, или гидрогеологические структуры. Например, межгорные впадины для геосинклинальных провинций или дель-

товые равнины и плато – для платформенных провинций. Каждая структура (бассейн) должна характеризоваться законченностью гидрогеологического, гидродинамического и гидрохимического процессов.

Внутри бассейнов каждому морфогенетическому типу территории соответствует его гидрогеологический аналог – поток или группа потоков грунтовых вод. Такие морфогенетические типы (группы потоков грунтовых вод) предлагаем рассматривать как категорию следующего порядка – подобласть.

Естественная дренированность территорий в принятой нами схеме соответствует гидрогеологическим зонам, выделяемым внутри бассейнов грунтовых вод (по Д.М. Кацу).

Выделение более мелких единиц районирования при принятом масштабе мы считаем нецелесообразным.

Характер и степень взаимосвязи грунтовых вод с нижележащими, характер литологического разреза, глубина и минерализация грунтовых вод, необходимые для обоснования мелиоративных проектов, не учитывались при выделении категорий районирования. Эти показатели нужно принимать во внимание при решении прогнозных задач по конкретному объекту.

Следует отметить, что оросительные и осушительные мелиорации влекут за собой сложные и подчас коренные изменения в режиме и балансе грунтовых вод, гидрохимической миграции веществ в подземных водах и почвогрунтах зоны аэрации, водно-физических свойствах почв и грунтов. Научное предвидение, прогноз этих изменений в связи с проектируемой переброской стока сибирских рек в Среднюю Азию – важная составная часть планов сельскохозяйственного освоения земель, а в последующем – основа эксплуатационной корректировки рекомендованных проектом мелиоративных мероприятий. Народнохозяйственная значимость гидрогеолого-мелиоративных прогнозов велика и на ныне орошаемых землях, поскольку проектируемые мероприятия по улучшению водообеспеченности и увеличению коэффициента земельного использования (КЗИ) приведут к определенным изменениям структуры водно-солевого баланса этих массивов. Это в свою очередь может привести к прогрессированию процессов развития вторичного засоления почв в результате испарения поднятых орошением к поверхности земли грунтовых вод.

Для решения прогнозных задач на землях перспективного (до 2000 г.) орошения по Средней Азии в стадии схемы, учитывая разнообразие природных условий, неравномерность гидрогеологической изученности как по площади, так и по глубине и невозможность получения достоверных количественных характеристик расчетных параметров водоносных горизонтов и составляющих водного баланса территории, наиболее приемлем метод гидрогеологических аналогий[1].

[1] Методы прогноза, основанные на решении уравнений водного баланса, математическое и аналоговое моделирование гидрогеологических процессов, гидродинамические и другие методы можно успешно применять в последующих стадиях исследований.

Нами собран и проанализирован огромный фактический материал по режиму грунтовых вод новоорошаемых земель Голодной, Шерабадской, Кызырык-Даринской степей в Узбекистане, Тедженской и Мургабской дельт в Туркмении, Кумсангирского плато в Таджикистане.

Учитывая требования, предъявляемые к достоверности (точности) составляемых гидрогеологических прогнозов в стадии схемы, для земель перспективного (до 2000 г.) орошения с исходным глубоким залеганием (5–10 м и более) уровней грунтовых вод, мы приняли следующее осредненное по площади прогнозное приращение среднегодового уровня грунтовых вод под влиянием орошения:

в аллювиальных отложениях речных долин (с депрессионной кривой спада и литологического подпора) и приморских дельт (с депрессионной кривой подпора), характеризующихся слабой естественной дренированностью, – 1,0 м/год;

в пролювиально-аллювиальных образованиях предгорных равнин (с депрессионной кривой структурно-литологического подпора) и аллювиально-пролювиальных отложениях высоких речных террас (с депрессионной кривой линейного спада) – 2 м/год;

в пролювиально-аллювиальных накоплениях предгорных шлейфов и конусов выноса (с депрессионной кривой литологического подпора) – 2,5–3,0 м/год.

Заблаговременность подобных прогнозов позволяет отнести их к сверхдолгосрочным, поэтому требования к их достоверности или вероятности оправдываемости должны быть не ниже 55–60%, т.е. в основном прогнозы должны определять направленность изменений гидрогеологических условий под влиянием орошения. Такая точность в прогнозировании изменений уровенного режима грунтовых вод на землях перспективного (до 2000 г.) орошения принятой нами методикой обеспечивается.

Учитывая сложность прогнозирования количественных изменений химического состава и степени минерализации грунтовых вод во времени под влиянием орошения при современном состоянии изученности той или иной территории и факторов, способствующих формированию солевого режима зоны аэрации и грунтовых вод, мы ограничивались предсказанием направленности гидрохимического режима в проектных водохозяйственных условиях. Для этого широко использовались результаты экспериментальных исследований и теоретические выводы многих специалистов, изучающих формирование гидрохимического режима грунтовых вод в условиях орошения.

ABSTRACT

The prediction of changes in hydrogeological and irrigation conditions in the Central Asia area of the USSR in connection with interbasin transfers of river run-off is made on the basis of special hydrogeological subdivision of the area. It considers both present–day hydrogeological conditions and

prerequisites for their changes due to man's economic activities. The main principle of the subdivision is natural drainage of the area.

In solving prediction problems in areas of perspective irrigation (up to 2000) in the Central Asia area of the USSR at the first planning stage a hydrogeological analogy mathod was used. For this purpose numerous factual data on the ground-water regime of newly irrigated areas were analysed and average annual rates of ground water level increment for morphogenetic types of areas were established.

Р. Г. ДЖАМАЛОВ, И. С. ЗЕКЦЕР, А. В. МЕСХЕТЕЛИ

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНОГО СТОКА АРИДНЫХ РАЙОНОВ ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

В последние годы гидрогеологи ряда стран проводят исследования по изучению круговорота воды, общего водного баланса и водных ресурсов земного шара, континентов и крупных регионов, отдельных морей и океанов. Значительному развитию таких исследований способствовали задачи, поставленные программой Международного гидрологического десятилетия и принятой недавно Международной гидрологической программой. В этих работах видное место занимает изучение формирования подземного стока и ресурсов подземных вод аридных и полуаридных районов Земли с учетом того, что подземные воды этих регионов – основной и нередко единственный источник водоснабжения и обводнения.

В настоящей работе рассматриваются условия формирования и количественная оценка подземного стока восточного побережья Каспия, которое относится к наиболее засушливым районам СССР. Отличительная особенность восточного побережья – отсутствие постоянного поверхностного стока, довольно широкое распространение глубоких бессточных впадин и значительное превышение величины испарения над осадками. В геологическом строении района принимают участие породы палеозоя, мезозоя и кайнозоя, которые по формационным признакам, степени метаморфизма и дислоцированности объединяются в 4 комплекса отложений, соответствующие основным этапам геологической истории района – палеозойский, пермо–триасовый, юрско–палеогеновый и среднемиоценово–четвертичный. В тектоническом отношении здесь выделяются юго–восточное окончание Русской платформы (Прикаспийская синеклиза); Туранская плита со следующими крупными структурными элементами – Мангышлакский мегантиклинорий, Южномангышлакско–Устюртская впадина, Туаркырский мегантиклинорий и Карабогазский свод; альпийская складчатая область – Южно–Каспийская впадина. В соответствии с геоструктурным районированием на восточном побережье выделяются 4 артези-

анских бассейна первого порядка: юго-восточная часть Прикаспийского артезианского бассейна, Мангышлакский, Средне-Каспийский и Западно-Туркменский артезианские бассейны.

Оценка подземного стока в пределах выделенных артезианских структур проводилась на основе построенных гидродинамических карт, характеризующих условия питания, движения и разгрузки подземных вод в грунтовом водоносном горизонте, древнечетвертичном, верхнеплиоценовом, сарматском, среднемиоценовом и меловом напорных водоносных комплексах. Величина подземного стока по выделенным водоносным комплексам определялась по нескольким характерным сечениям с помощью основной расчетной зависимости Дарси для расхода подземного потока. При этом основные гидрогеологические параметры не осреднялись для значительных площадей, а снимались с соответствующих гидродинамических карт в пределах выделенных расчетных лент тока.

Помимо суммарной величины подземного стока большой интерес представляет картина его распределения по площади. Анализ гидродинамических карт показывает, что по мере приближения к Каспийскому морю почти у всех водоносных комплексов происходит выполаживание пьезометрической поверхности и ухудшение фильтрационных свойств водовмещающих пород. Последнее вызвано сокращением мощности водоносных слоев за счет увеличения глинистых прослоев в общем геологическом разрезе, а также затуханием трещиноватости скальных пород и фациальным замещением разнозернистых песков тонкозернистыми глинистыми песками в терригенных образованиях. Это свидетельствует об уменьшении расхода подземного потока по мере приближения к береговой линии моря, что может быть обусловлено естественной и искусственной разгрузкой подземных вод в пределах суши. Однако так как естественные выходы подземных вод на поверхность на большей части восточного побережья Каспия отсутствуют, естественная разгрузка их происходит за счет процессов перетекания снизу вверх через разделяющие глинистые слои. На такой вид разгрузки указывает прямое соотношение напоров водоносных комплексов в прибрежной полосе.

Площадное перетекание подземных вод происходит как в пределах суши, так и в пределах акватории моря, где пьезометрические уровни напорных водоносных горизонтов располагаются значительно выше уровня моря. Для выделения этой части моря пьезометрические профили расчетных водоносных комплексов продлевались в пределы акватории путем аппроксимации кривыми различного вида, коэффициенты которых были получены методом наименьших квадратов по стандартным программам на ЭВМ. Изучение распределения подземного стока как в плане, так и в разрезах проводилось конечно-разностным методом расчета гидродинамических условий артезианских бассейнов. Этот метод позволяет при известном распределении по площади величин напора и водопроводимости получить в каждой расчетной точке горизонтальную и вертикальную составляющие подземного стока, т.е. дать количественную оценку процесса перетекания.

Восточное побережье характеризуется неоднородными условиями формирования подземного стока, общая величина которого из расчетных водоносных комплексов составляет 0,32 км^3/год. Столь незначительный подземный сток обусловлен прежде всего жарким засушливым климатом, низкими фильтрационными свойствами водовмещающих пород на большей части побережья и незначительными уклонами пьезометрической поверхности. Исключение составляет Мангышлакский артезианский бассейн, где величина стока составляет 0,2 км^3/год. Здесь развиты закарстованные известняки сарматского водоносного комплекса, в которых формируется основная часть подземного стока на этом участке - 0,14 км^3/год. В пределах Западно-Туркменского артезианского бассейна величина подземного стока не превышает 0,06 км^3/год, что обусловлено песчано-глинистым составом отложений с преобладанием глин в разрезе и небольшими уклонами подземного потока. Незначительная часть подземного стока - до 0,04 км^3/год - формируется в пределах восточной части Среднекаспийского артезианского бассейна.

На восточном побережье Каспия подземный сток в верхней части гидрогеологического разреза формируется в основном под воздействием климатических и геоморфологических факторов. Небольшое количество атмосферных осадков, высокая испаряемость и залегание с поверхности на значительных площадях слабопроницаемых отложений создают неблагоприятные условия для питания подземных вод и формирования регионального подземного потока. Существенное воздействие на сток подземных вод здесь оказывает дренирующее влияние многочисленных глубоких бессточных впадин (сор) и эрозионных врезов временных водотоков, которые перехватывают подземный поток.

Проведенная количественная оценка взаимосвязи водоносных комплексов показывает, что основная разгрузка подземных вод происходит перетеканием в пределах суши, где величины модуля вертикальной разгрузки уменьшаются по мере приближения к береговой линии от 1 до 0,2 л/сек·км^2. К морю подходит сравнительно маломощный поток подземных вод, разгрузка которого, как показали проведенные расчеты, возможна путем перетекания в акватории моря. Здесь модули вертикальной разгрузки изменяются от 0,2 до 0,05 л/сек·км^2.

Таким образом, выполненные исследования показали, что формирование подземного стока в аридных областях происходит под влиянием физико-географических и геолого-структурных факторов. Перераспределение подземного стока между рассмотренными водоносными комплексами происходит в основном за счет процессов перетекания, которые определяют также разгрузку подземных вод испарением в условиях жаркого засушливого климата.

На основании проведенных исследований установлено, что величина подземного стока по всему периметру моря достигает 3,2 км^3/год. Это составляет около 1% от общего речного стока. В то же время ионный подземный сток в море составляет 23 млн. т в год, или 27% от привноса солей реками, т.е. вынос солей с подземными во-

дами играет значительную роль в солевом балансе Каспия. В аридных районах побережья, в условиях отсутствия постоянного речного стока, роль подземных вод в формировании солевого баланса моря еще более существенна.

ABSTRACT

The eastern coast of the Caspian Sea is one of the most arid areas of the USSR. The studies carried out have allowed to estimate quantitatively the ground-water discharge and elucidate principal regularities of ground-water flow formation within major artesian basins. The hot arid climate and lack of surface water flow are responsible for the small amount of natural resources of ground water that is mainly discharged by seepage through semipermeable beds and subsequent evaporation.

Д. М. КАЦ, Ю. Г. БОГОМОЛОВ, А. А. ЖЕЛОБАЕВ, А. М. СОЙФЕР

РОЛЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЗВИТИИ ИРРИГАЦИИ И ДРЕНАЖА В СССР

Территории перспективного развития мелиорации распространены в СССР в различных регионах, отличающихся по климатическим и геолого-структурным особенностям. Разнообразие природных условий определяет в свою очередь и существенно различную роль подземных вод в развитии ирригации и дренажа.

В аридной зоне в связи с существенным дефицитом влаги развито преимущественно поливное земледелие за счет использования ресурсов главным образом поверхностного стока. Вместе с тем в перспективе уже ближайших десятилетий резервы этих ресурсов будут в значительной мере исчерпаны; в таких условиях наряду с исследованием проблемы межбассейнового перераспределения стока заслуживает обстоятельного рассмотрения и вопрос о возможном привлечении ресурсов подземных вод. Для представления сложившихся суждений по этому вопросу приведем краткое описание основных типов гидрогеологических условий (Кац, 1969), характерных для районов современного развития оросительных мелиораций в аридной зоне СССР.

1. Предгорные шлейфы хребтов и отрогов Тянь-Шаня и Кавказа, которым свойственны значительные уклоны дневной поверхности (0,001÷0,005) и дифференциация обломочного материала в направлении сноса. В верхних частях как выделяющихся, так и слившихся конусов выноса в разрезе предгорного шлейфа развиты преимущественно крупнообломочные породы (галечники, щебень, дресва, пески). В направлении от горных массивов к периферийным частям конусов

выноса крупнообломочные фракции постепенно замещаются тонкодисперсным материалом. Превалирующим в разрезе становится развитие глинистых пород, при этом песчано-гравийные прослои либо играют подчиненную роль, либо полностью отсутствуют.

Гидрогеологические условия тесно связаны с закономерностями строения предгорных шлейфов. В естественных условиях в верхних частях конусов выноса свободная поверхность грунтовых вод отмечается на значительных глубинах от дневной поверхности (до 50–100 м). В этой области предгорного шлейфа, которая может быть названа областью транзита, поток грунтовых вод транспортируется без существенных изменений, за исключением небольших дополнений за счет инфильтрации местного поверхностного стока.

Далее в связи с уменьшением мощности прослоев крупнообломочных пород и суммарной проводимости водоносного комплекса формируется область разгрузки грунтовых вод на испарение, транспирацию дикой растительностью и непосредственное выклинивание в понижениях рельефа с характерным для всей области близким залеганием к дневной поверхности уровня грунтовых вод. Наряду с этим для области выклинивания характерна вертикальная гидрохимическая зональность с максимумом концентрации у свободной поверхности; в редких случаях наиболее высокая минерализация может оказаться в подстилающих напорных пластах. На глубокой периферии предгорного шлейфа, которую обычно называют областью вторичного погружения грунтовых вод, отмечаются незначительное развитие в разрезе хорошо проницаемых прослоев и соответственно незначительный расход потока, в связи с чем свободная поверхность грунтовых вод снижена внутрипочвенным испарением на глубину 10–20 м и более. Следует отметить, что во многих случаях, когда предгорный шлейф контактирует с морской равниной или крупной аллювиальной долиной, вторичное погружение грунтовых вод не наблюдается.

С развитием орошения происходит подъем уровня грунтовых вод в верхних и средних частях конусов, что в свою очередь приводит к увеличению градиентов и расхода потока, размеров области выклинивания и интенсивности разгрузки грунтовых вод. Следует отметить, что разгрузка грунтовых вод в рассматриваемых условиях, проявляющаяся как восходящий поток из напорных пластов, значительно затрудняет и удорожает дренажные мероприятия. Наряду с этим в области выклинивания подземных вод почвы в большинстве случаев засолены и требуют промывок. В области вторичного погружения грунтовых вод скорость подъема их уровня определяется интенсивностью инфильтрационного питания и емкостью зоны аэрации.

В условиях предгорных шлейфов использование подземных вод для развития ирригации (Богомолов и др., 1975; David, 1973) возможно в следующих основных вариантах:

а) устройство линейных водозаборов (рядов скважин) в верхних и средних частях конусов выноса и использование откачиваемых вод для развития ирригации;

б) возвратное использование части стока систематического мелиоративного дренажа;

в) создание мощной водопонизительной системы в областях значительной емкости бассейна подземных вод с максимальной интенсификацией водозабора в вегетационный период и частичным возобновлением ресурсов подземных вод за счет магазинирования поверхностного стока.

Заметим, что варианты а) и б), б) и в) могут развиваться совместно в единой системе. Экономически наиболее эффективным, но вместе с тем и технически сложным представляется вариант в), который позволяет: сократить расходование ресурсов поверхностного стока на 10-30%; значительно уменьшить потребность в систематическом мелиоративном дренаже; упростить условия строительства гидротехнических сооружений в областях выклинивания (Мироненко, Шестаков, 1974).

2. Надпойменные террасы и дельтовые равнины в долинах крупных рек (Сырдарья, Амударья, Кашкадарья и др. - в Средней Азии; Волга, Урал, Днепр, Дон, Кубань и др. - на юге Европейской части СССР), для которых характерно в строении комплекса аллювиальных отложений чередование пойменных и русловых фаций, что в гидротехническом смысле интерпретируется как чередование слабо- и хорошопроницаемых водоносных горизонтов. От дневной поверхности, как правило, залегает слабопроницаемый покровный слой, подстилаемый основным водоносным пластом несоизмеримо более высокой проводимости. Для гидрогеологических условий рассматриваемого типа характерно близкое залегание уровня грунтовых вод еще до развития орошения, за исключением высоких террас и отдельных специфических участков дельтовых равнин. Однако и на высоких террасах при орошении происходит подъем уровня грунтовых вод, что также неблагоприятно сказывается на мелиоративно-гидрогеологической обстановке расположенных ниже земель.

Учитывая отмеченные выше особенности строения аллювиальных водоносных комплексов, в мелиоративных целях здесь рационально применять систематический вертикальный дренаж с одновременным применением откачиваемой воды для орошения. Однако создание мощных водопонизительных установок с использованием емкости бассейна подземных вод в долинах рек представляется проблематичным, так как в случаях тесной взаимосвязи поверхностного и подземного стока могут оказаться значительными фильтрационные потери из реки.

3. Водораздельные равнины между долинами крупных рек, распространенные на Юге Европейской части СССР, отличаются широким развитием покровных макропористых суглинков мощностью от долей метра до 20-30 м, подстилаемых относительно водоупорными дочетвертичными отложениями. В ряде случаев под относительным водоупором в разрезе встречается хорошо проницаемый водоносный пласт, который впоследствии может быть гидравлически слабо связан с водоносным горизонтом в покровных отложениях.

В естественных условиях уровень грунтовых вод на водораздельных равнинах залегает, как правило, глубже 10–30 м. В условиях орошения скорость подъема уровня грунтовых вод определяется интенсивностью инфильтрации и емкостью зоны аэрации. Проблема возможности использования подземных вод на орошение для этих условий рассматривается, когда устраивается вертикальный дренаж в подстилающем водоносном пласте (при наличии достаточной гидравлической связи), кроме того, когда предполагаются подъем уровня грунтовых вод к дневной поверхности, устройство горизонтального дренажа и соответственно возвратное использование части дренажного стока. Такая же задача может решаться и тогда, когда дренаж предусматривается для сработки верховодки, образующейся на водоупорных прослоях в верхней части разреза.

4. Морские равнины характерны также для Юга Европейской части СССР, причем особенно они распространены в Прикаспийской низменности, в пределах площади, охваченной в свое время хвалынскими трансгрессиями Каспийского моря. В литологическом разрезе морских отложений с поверхности чаще всего развиты глинистые породы, подстилаемые неповсеместно водоносным пластом песков. В рассматриваемых условиях в связи с высокой минерализацией грунтовых вод и значительной засоленностью почвогрунтов перспективы использования подземных вод на орошение невелики. В некоторых понижениях рельефа, именуемых лиманами, за счет накопления и инфильтрации вод паводков, а также временного поверхностного стока образуется "пресная подушка" на соленых водах или на относительно водоупорных прослоях в зоне аэрации. На таких участках выращиваются хорошие урожаи кормовых культур.

В гумидной зоне задачи сельскохозяйственной мелиорации сводятся чаще всего к осушению заболоченных земель. Различают следующие основные источники образования болот:

а) поверхностный сток;

б) выклинивание грунтовых вод в понижениях рельефа;

в) "напорное питание" (перетекание из нижележащих напорных водоносных пластов).

В большинстве случаев развитие заболоченных территорий приурочено к флювиогляциальным равнинам и долинам рек, где водоносный комплекс представлен весьма слабопроницаемыми глинистыми отложениями, подстилаемыми либо водоупором, либо хорошо проницаемым водоносным пластом (для флювиогляциальных отложений – маломощным). Наиболее сложным представляется создание дренажной системы в случае в), особенно при наличии высокоминерализованных напорных вод, которые могут поступить в вышележащий горизонт за счет перетекания через разделяющие слои. Известны также случаи поступления минерализованных вод по тектоническим трещинам.

В последние годы в гумидной зоне получили широкое развитие так называемые системы двухстороннего регулирования. Эти системы, например, применяются когда в различные периоды года необ-

ходимо осушение и увлажнение корнеобитаемой зоны. В такой постановке задача решается посредством единой мелиоративной системы. Вместе с тем при осушении низинных болот может быть использован дренажный сток для орошения водораздельных участков. В случае вертикального дренажа при этом требуется создание промежуточной накопительной емкости.

ABSTRACT

The report discusses meliorative-hydrogeological conditions according to climatic zones and major geomorphological structural elements, as well as the problems of ground water use for development of irrigation.

ЛИТЕРАТУРА

Богомолов Г.В., Белый В.Л., Богомолов Ю.Г. и др. Использование подземных вод при мелиорации земель. – В сб. "Использование подземных вод для орошения в комплексе с поверхностными водами". К 9 Междунар. конгр. по ирригации и дренажу. М., изд. ЦБНТИ, Мин-во водного хозяйства СССР, 1975.

Кац Д.М. Гидрогеология. М., "Колос", 1969.

Мироненко В.А., Шестаков В.М. Основы гидрогеомеханики. М., "Недра", 1974.

David I. Burdon. Challenge of Ground Water Development for Agriculture. – International Symposiom on Development Ground Water Resources, 1973 November 26–29. Madras.

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНОК ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ, МОДЕЛИРОВАНИЯ И ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АРИДНЫХ ЗОНАХ

В. Н. ЧУБАРОВ, Г. Я. ЧЕРНЯК

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ, МЕТОДЫ И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЗОНЫ АЭРАЦИИ

Зона аэрации занимает весьма незначительную часть земной коры, будучи расположенной между дневной поверхностью и зеркалом грунтовых вод. Подобно почвам, она играет важную роль в формировании одного из наиболее важных и мобильных природных ресурсов – подземных вод. Эта зона является своего рода "одеждой", регулирующей степень влияния (полезного или вредного) внешней среды на подземные воды (имеются в виду климат, рельеф, растительность, многоплановая деятельность человека и др.). В свою очередь подземные воды могут оказывать положительное или отрицательное воздействие через зону аэрации на внешнюю среду.

В настоящее время мы уже не можем не учитывать такое существенное звено в общей цепи процессов массо-энергопереноса в земных недрах, как перенос в зоне аэрации, особенно при решении вопросов, связанных с охраной подземных вод от истощения и загрязнения, оценкой естественно и искусственно восполняемых запасов подземных вод, оценкой устойчивости сооружений, оползневых и провальных процессов и пр. Кроме того, знание закономерностей переноса вещества и энергии через зону аэрации позволяет более обоснованно применять при поисках и разведке полезных ископаемых такие методы, как геофизические, гидрогеологические, геоботанические, биофизические и др.

Между тем вопросам исследования этой зоны как в гидрогеологии и инженерной геологии, так и в геологии в целом уделяется совершенно недостаточное внимание. Мы обращаем внимание именно на те аспекты рассматриваемого вопроса, которые связаны с решением задач геологического типа, имеющим свою специфику и особенности. Эта специфика по меньшей мере состоит в том, что в геологии в сравнении с почвоведением мы имеем дело с процессами, протекающими гораздо более медленно и на больших глубинах. При этом нас в большей степени интересуют соответственно региональные закономерности процессов переноса воды, солей, тепла через зону аэрации. Однако именно эти специфические вопросы

во многом остаются без внимания исследователей как геологического так и почвенного направлений.

Авторы полагают, что на настоящем Конгрессе желательно обратить более пристальное внимание на зону аэрации и на комплексный подход к ее изучению. При этом мы считаем целесообразным подчеркнуть, что, видимо, именно гидрогеологам и инженерам-геологам было бы более правильным заняться изучением процессов переноса в зоне аэрации, поскольку предметом исследования этих наук является в основном самая верхняя часть литосферы, включающая зону аэрации.

Один из основных процессов в зоне аэрации – влагоперенос, поскольку именно он определяет водообмен и во многом солеобмен и теплообмен в системе подземные воды – корнеобитаемый слой – атмосфера.

Для медленных процессов можно выделить четыре основных типа влагообмена через зону аэрации: а) инфильтрационный (при этом возможно только положительное питание подземных вод и, следовательно, формируются пресные воды); б) испарительный (при этом грунтовые воды расходуются исключительно на физическое испарение и формируются высокоминерализованные воды); в) транспирационный (в этом случае грунтовые воды расходуются исключительно на питание корневых систем растений и формируются слабосоленые и солоноватые грунтовые воды); г) равновесный (при этом водообмен жидкой влаги через зону аэрации отсутствует и подземные воды могут быть и пресными и солеными – до высокоминерализованных.

Выделение этих типов водообмена на карте небольшого участка или крупного региона в целом, очевидно, позволяет оценивать условия восполнения, истощения или защищенности от загрязнений грунтовых и в какой-то мере напорных подземных вод. Например, наиболее защищенными от загрязнений окажутся участки с мощной зоной аэрации и равновесным типом водообмена, где процессы нисходящей миграции загрязняющих компонентов будут сильно замедлены.

Напротив, при инфильтрационном типе водообмена загрязнения весьма быстро могут проникнуть через зону аэрации. Анализ гидрогеологических условий большинства песчаных пустынь СССР показывает, что пресные линзы, в том числе и весьма крупные, формируются в основном на участках развития современных или древних барханных песков, где имеет место инфильтрационный тип водообмена. Поэтому в Каракумах и Кызылкумах вскрыты целые "моря" пресных подземных вод под мощными наносами эоловых песков. Среднегодовое инфильтрационное питание через пески в зависимости от степени аридности климата колеблется от 7 мм слоя воды в год в аридных областях (в Каракумах) и от 80 мм в полуаридных областях до 200–300 мм в условиях развития флювиогляциальных песков в Подмосковье и до 300–400 мм на песчаных косах Прибалтийского побережья (гумидные области).

При глинистом сложении зоны аэрации достаточно большой мощности инфильтрационное питание в аридной зоне СССР практически исключено (равновесный тип водообмена), а в гумидных областях (например, на водораздельных участках ледниковых образований Латвии) составляет около 10 мм слоя воды за год. При суглинистом сложении зоны аэрации в различных климатических областях годовое инфильтрационное питание (включая и инфильтрацию поливных вод при орошении земель) составляет в среднем 100 мм.

При мощностях зоны аэрации менее 15 м и менее 3 м в аридных зонах на участках заросших песков формируются соответственно солоноватые и соленые подземные воды и происходит засоление почвогрунтов зоны аэрации. В условиях умеренного и влажного климата при этих же мощностях зоны аэрации формируются, как правило, пресные воды (инфильтрационный тип водообмена).

Для выделения указанных типов водообмена, а также для количественной оценки влагопереноса через зону аэрации разработан прямой метод определения потоков влаги в почвогрунтах, основанный на совместном изучении термодинамики пленочной и капиллярно-менисковой влаги – метод палеток влажности (Чубаров, 1972). Этим методом определены приведенные выше величины питания. Для использования метода необходимо обладать набором палеток влажности и знать распределение влажности в зоне аэрации в целом или в одном каком-либо ее горизонте. Создание этого универсального метода оценки питания подземных вод стало возможным после теоретических и экспериментальных работ, доказывающих единство условий равновесия и передвижения пленочной и капиллярной влаги (Нерпин, Чудновский, 1967).

Для этой же цели во ВСЕГИНГЕО создана сверхвысокая колонна (10 м), в которой моделируется процесс нисходящего движения влаги в мощной зоне аэрации. Результаты шестилетних исследований со всей очевидностью указывают на возможность гравитационного стекания пленочной влаги и позволяют установить область применения термодинамического метода палеток влажности для решения гидрогеологических задач. В частности, эти результаты непосредственно указывают на возможность гравитационного стекания влаги при малых влажностях в условиях аридного климата и, следовательно, на формирование линз пресных вод.

Метод палеток влажности позволяет также оценивать фильтрационные потери при орошении, потоки влаги, формирующиеся при искусственном восполнении подземных вод, восходящий поток влаги при подтоплении промышленных сооружений и решать другие задачи. При больших мощностях зоны аэрации в аридных областях по эпюре влажности при использовании метода палеток возможно восстановить палеогидрогеологические условия за несколько столетий.

Изучение термодинамики почвенной влаги и, в частности, применение метода палеток влажности позволяет по-новому подойти к использованию растительности и рельефа как индикаторов гидрогеологических условий. В отличие от традиционного подхода в этом

Основные задачи и методы их решения при изучении зоны аэрации

Задачи исследований	Методы решения	Примечание
1	2	3
I. Картирование		
Изучение литологического состава, влажности, плотности, засоленности, температуры горных пород и в некоторых случаях их водопроницаемости и теплопроводности. Определение глубины до уровня грунтовых вод	Используется комплекс методов: геоботанический; метод вертикального электрического зондирования в сочетании с методом вызванных потенциалов – ВЭЗ ВП (по редкой сети); радиоволновое профилирование (РВП); температурная съемка с использованием электрических термометров сопротивления; сейсморазведка методом преломленных волн для определения глубины до уровня грунтовых вод; комплекс сейсмоакустических методов с использованием продольных и поперечных волн для определения инженерно-геологических свойств пород	Проводятся также комплексные исследования в опорных скважинах для составления корреляционных уравнений связи (подробнее состав работ см. ниже, пункт II)
II. Изучение границ и свойств пород по разрезу		
Определение тех же показателей, что и при картировании, но более детальное изучение параметров горных пород (в частности, коэффициентов фильтрации, влаго- и теплопроводности, диффузии и пр.)	Используется комплекс методов: ВЭЗ ВП, диэлектрический, ультразвуковой каротаж, каротаж ВП и радиоактивные методы каротажа, электрокаротаж по методу сопротивлений с использованием постоянного тока. Опробование скважин и шурфов с отбором проб для определения параметров влагоперено-	В частности, устанавливаются парные и множественные корреляции между удельным электрическим сопротивлением, диэлектрической проницаемостью и параметрами вызванной поляризации, с одной сто-

Окончание таблицы

1	2	3
	са (методом центрифугирования и методом высоких колонн) и параметров тепло-солепереноса	роны, и такими показателями горных пород, как глинистость (содержание частиц менее 0,01 мм), засоленность, влажность, водопроницаемость – с другой стороны
III. Режимные и стационарные исследования на представительных участках		
Изучение детально и во времени перечисленных выше параметров и показателей. Изучение в массиве процессов движения воды, солей, загрязнений, тепло- и воздухообмена	Используется весь комплекс каротажных методов, модифицированных для измерения параметров и показателей во времени. Применяются датчики для измерений in situ всасывающего давления, влажности, плотности, температуры и параметров переноса горных пород в массиве. Индикаторными (радиоиндикаторными) методами определяется скорость движения влаги. Комплексом сейсмоакустических методов определяются физико-механические свойства пород. Геоботаническими методами исследуется связь характера растительности и строения корневых систем с литологией, влажностью, засоленностью пород и ходом процессов массо-энергообмена в горных породах	На опорных стационарных представительных участках местности подробно изучаются во времени процессы массо-энергопереноса и изменения свойств горных пород. Полученные данные затем экстраполируются по площади и региону в целом

случае, например, с помощью растений индицируются не отдельные показатели (например, глубина до воды или минерализация вод), а сам процесс или, точнее, тип процесса влагопереноса – инфильтрационный, равновесный и т.д. (Ларичева, 1974). Подобный подход значительно расширяет возможности геоботанического метода.

Вопросы теплопереноса в зоне аэрации подробно изложены в работе Н.А. Огильви (Огильви, Чубаров, 1963).

Объем статьи не позволяет нам рассмотреть весьма сложный и малоизученный вопрос переноса солей, если говорить о гидрогеологическом аспекте этой проблемы. Укажем коротко, что по нашим данным, основанным на дистанционных измерениях давления воздуха в воздушном пространстве зоны аэрации, процессы воздухообмена даже в весьма мощной толще ненасыщенных почвогрунтов происходят весьма интенсивно. В частности, атмосферные колебания проникают через зону аэрации мощностью 40 м за несколько часов.

Для гидрогеологического и инженерно-геологического изучения зоны аэрации при картировании, изучении распределения и свойств пород по разрезу, а также при стационарных наблюдениях наряду с традиционными широкое применение находят геоботанические и геофизические методы исследований. Среди последних особой мобильностью при картировании степени засоленности верхней части зоны аэрации обладает метод РВП – радиоволнового профилирования в движении (Черняк, Мясковский, 1973). В последнее время высокую информативность показали метод вызванной поляризации (ВП) и способ интерпретации геофизических данных с помощью использования уравнений парной и множественной корреляции между показателями водно-физических свойств пород и геофизическими характеристиками (Шарапанов и др., 1974). Методы исследования и решаемые задачи отражены в таблице.

ABSTRACT

Hydrogeological and engineering-geological problems, estimating groundwater recharge and ground-water protection against pollution and depletion in particular in the zone of aeration are discussed. Special features of studying the zone of aeration when investigating relatively slow processes of mass-energy exchange in this zone involved in solution of geological problems are discussed. A multipurpose method for studying water exchange through the zone of aeration is considered and some results of estimating infiltration recharge by this method in different regions of the USSR are reported. A complex of methods, including geophysical and geobotanic techniques, for hydrogeological and engineering-geological research of the zone of aeration when mapping and studying rock properties in situ and in office is suggested.

25 967

ЛИТЕРАТУРА

Ларичева С.Г. Методические рекомендации по комплексированию геоботанических и геофизических исследований при изучении процессов в зоне аэрации. М., ВСЕГИНГЕО, 1974.

Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Физика почвы. М., "Наука", 1967.

Огильви Н.А., Чубаров В.Н. Изучение динамики влаги и процессов ее конденсации в зоне аэрации. – В кн. "Линзы пресных вод в пустынях". М., Изд-во АН СССР, 1963.

Черняк Г.Я., Мясковский О.М. Радиоволновые методы исследований в гидрогеологии и инженерной геологии. М., "Недра", 1973.

Чубаров В.Н. Питание грунтовых вод песчаной пустыни через зону аэрации. М., "Недра", 1972.

Шарапанов Н.Н., Черняк Г.Я., Барон В.А. Методика геофизических исследований при гидрогеологических съемках с целью мелиорации земель. М., "Недра", 1974.

Л. И. ВАРАЗАШВИЛИ, Г. Я. КАРТВЕЛИШВИЛИ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ РАСЧЕТА МИГРАЦИИ ВЛАГИ В ЗОНЕ АЭРАЦИИ НА ЭВМ

(на примере Алазанского орошаемого массива)

Проведение различных гидромелиоративных мероприятий должно базироваться на точном прогнозе миграции влаги в зоне аэрации, основанном на учете конкретных гидрогеологических и метеорологических условий. Отсутствие такого прогноза может привести к нежелательным результатам – заболачиванию, вторичному засолению и др.

Встречающиеся породы всех генетических разновидностей в зоне аэрации можно рассматривать как типичные капиллярно-пористые тела. В основу миграции в этой зоне положена схема видов воды в природе в строгом соответствии с категориями сил, участвующих в ее передвижении.

Влага адсорбированного слоя передвигается в виде водяного пара от мест с большей упругостью к местам с меньшей упругостью пара. При влажности, равной максимальной гигроскопической (МГ) и больше, упругость пара в поровом пространстве перестает зависеть от влажности и будет в песчаных породах однозначно определяться температурой по кривой насыщения, а в глинистых породах еще дополнительно будет зависеть от кривизны поверхности пленки на стенках твердых частиц.

Передвижение влаги в породе при различном ее водонасыщении обусловлено либо гидростатическим давлением (гравитационные силы), либо капиллярным (капиллярно-менисковые силы), либо расклинивающим давлением в пленках (молекулярные силы).

В интервале влажности от МГ до появления капиллярной влаги последняя под действием молекулярных сил передвигается частично в форме водяного пара, а частично в жидком виде. При влажности, соответствующей капиллярной влагоемкости, вся влага перемещается в жидком виде.

Таким образом, в породах с неполным увлажнением существуют два вида перемещения влаги – молекулярное и молярное. Первое может осуществляться как в виде пара, так и в жидком виде, второе – только в жидком виде (Мясникова, 1970).

Молекулярное перемещение влаги подчиняется закону диффузии, а молярное – закону капиллярного перемещения влаги. Оба эти закона можно объединить в один – закон влагопроводности.

На основе указанных выше физических представлений математические выражения, характеризующие изменения влаги в порах, чаще всего представляют в виде дифференциальных уравнений, которые являются математическими моделями процесса.

Ввиду сложности математических уравнений влагопереноса в зоне аэрации их аналитическое решение весьма затруднительно. Линеаризация уравнения упрощает задачу его интегрирования, но физические допущения, которые приходится принимать для этого, сильно схематизируют модель. Другой путь – это использование одного из приближенных методов для решения соответствующей задачи. Особенно большое значение приближенные методы приобрели в последнее время в связи с широким использованием быстродействующих электронных вычислительных машин.

Сходимость приближенного решения задачи с точным зависит как от самой исходной задачи, так и от свойств выбранного приближенного метода. Большое значение в связи с этим имеет выяснение корректности поставленной задачи и установление устойчивости разностной схемы для данного конечно-разностного метода (Нерпин, Чудновский, 1967; Нерпин, Юзефович, 1966; Пичугина, 1969).

Для численного решения задач миграции влаги в зоне аэрации применяется диффузионная модель, которая базируется на двух физических законах. Это закон Дарси в дифференциальной форме и уравнение неразрывности. Процесс диффузии направляет поток влаги таким образом, чтобы уравнять влажность всех слоев. Иначе говоря, градиент влажности и градиент потенциала стремятся к нулю.

Таким образом, миграция влаги в зоне аэрации описывается дифференциальным уравнением типа диффузии:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left[K(W)\ \frac{\partial \Psi}{\partial x}\right],$$

где $\frac{\partial W}{\partial t}$ – объем влаги, передвигающейся в единицу времени через единицу площади поперечного сечения; $\frac{\partial \Psi}{\partial x}$ – градиент капил-

лярного сорбционного потенциала; $K(W)$ – коэффициент влагопроводности.

Для успешного использования этого уравнения необходимо знать величины основных параметров, входящих в уравнение. К ним прежде всего относятся потенциал влаги и коэффициент влагопроводности.

Потенциал влаги – универсальная термодинамическая функция, отражающая влияние всех факторов, способных воздействовать на энергетическое состояние воды в породах ненасыщенной зоны (Роде, 1969; Судницын, 1964, Шейдегер, 1960). Действующая сила – градиент свободной энергии или потенциала влаги. Для определения зависимости потенциала влаги от влажности существует много методов, как полевых, так и лабораторных (Глобус, 1969; Долгов, 1948; Роде, 1969; Судницын, 1964).

Ввиду того, что влажность пород меняется в широком диапазоне от полной влагоемкости до максимальной гигроскопичности, одного универсального метода для определения влажной кривой (зависимость потенциала влаги от влажности) не существует (Глобус, 1969; Долгов, 1948; Richards, 1949). Поэтому нами использовались лабораторные методы: пластинных прессов, мембранных прессов и гигроскопический. Сочетание этих методов дает возможность получить непрерывную зависимость потенциала влаги от влажности.

Немаловажную роль для решения вопроса миграции влаги в зоне аэрации играет знание зависимости коэффициента влагопроводности от влажности. Для определения коэффициента влагопроводности от влажности в лабораторных условиях существует очень большое количество различных методов (Аверьянов, 1950; Gordner, 1956). Нами был использован метод, предложенный Гарднером.

Кроме отмеченных выше основных гидрофизических характеристик зоны аэрации для расчета миграции влаги нужно знать граничные условия; осадки и испарение и данные о режиме грунтовых вод.

Использование полученных данных гидрофизических характеристик и данных граничных условий зоны аэрации Алазанского орошаемого массива дали возможность составить алгоритм и программу на языке "Алгол-60" на ЭВМ для расчета прогноза миграции влаги в зоне аэрации.

Мощность зоны аэрации в пределах исследуемого орошаемого массива изменяется в широких пределах от 0,5 до 25 м, уменьшаясь по направлению к центральной части массива. Породы зоны аэрации в основном представлены суглинками, тяжелыми суглинками и глинами. Расчеты выполнены на многослойных почвогрунтах отмеченного выше орошаемого массива.

Ниже приведены примеры такого расчета.

Пример 1. В центральной части Алазанского орошаемого массива рассматривается трехслойный геологический разрез, где мощность зоны аэрации составляет 4,0 м. Первый слой имеет мощность 1,0 м; второй слой – 1,2 м; третий – 1,8 м. Грунты представлены глинами. Коэффициент фильтрации образцов первого слоя имеет величину 0,052 м/сут, второго слоя – 0,059 м/сут, треть-

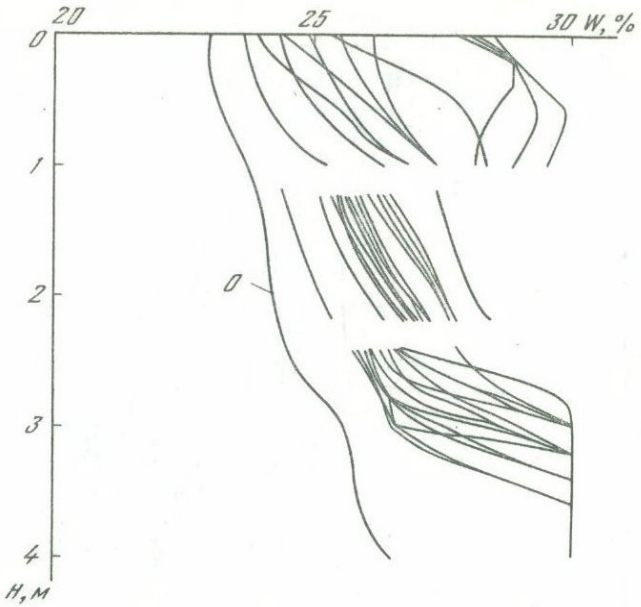


Рис. 1. Эпюры влажности W, рассчитанные на ЭВМ
Мощность зоны аэрации 4 м (пример 1)

его слоя – 0,854 м/сут. Величина коэффициента влагопроводности для всех слоев равна 10^{-6} м/сут. Полная влагоемкость образцов всех слоев примерно одинаковая – 32–35%. Результаты расчета эпюр влажности изображены на рис. 1.

Эпюры влажности рассчитаны через каждые 5 суток. В первом, метровом слое влажность выше, чем на глубине, но, приближаясь к уровню грунтовых вод, влажность повышается. На рис. 1 кривая с нулевой отметкой показывает начальное распределение влажности.

Пример 2. В центральной же части Алазанского орошаемого массива, где мощность зоны аэрации достигает 6,0 м, рассматривается трехслойный геологический разрез. Первый слой имеет мощность – 1,0 м; второй – 2,4 м; третий – 2,6 м. Грунты представлены глинами.

По полевым данным коэффициент фильтрации первого слоя – 0,7 м/сут, второго – 0,001 м/сут; третьего – 0,004 м/сут. Коэффициент влагопроводности для всех слоев равен 10^{-6} м/сут. Полная влагоемкость первого слоя составляет 36%; второго слоя – 41,0%; третьего слоя – 36%. Результаты расчета эпюр влажности показаны на рис. 2. В первом слое распределение влажности происходит примерно равномерно, за исключением тех суток, когда преобладают атмосферные осадки. Во втором слое влажность увеличивается и по всей мощности этого слоя закономерно распределяется; в нижнем слое незначительно увеличивается, но, прибли-

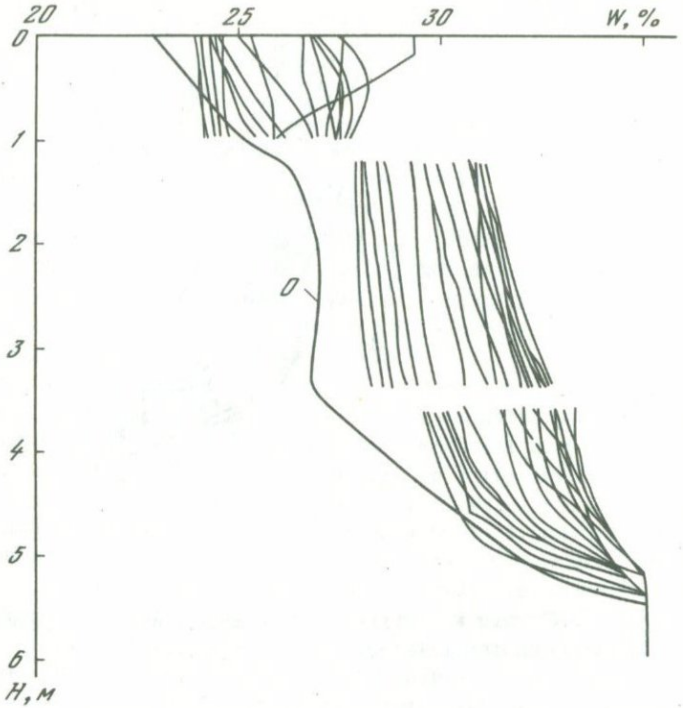


Рис. 2. Эпюры влажности, рассчитанные на ЭВМ
Мощность зоны аэрации 6 м (пример 2)

жаясь к уровню грунтовых вод, доходит до полного насыщения. Кривая с нулевой отметкой показывает начальное распределение влажности.

Анализ многочисленных полученных данных выявил, что использованные нами начальные и граничные условия и основные гидрогеологические параметры (зависимость потенциала от влажности и коэффициента влагопроводности от влажности) вполне пригодны для решения вопроса влагопереноса в зоне аэрации, как для конкретного объекта, так и для других объектов зоны аэрации, которые представлены аналогичными грунтами.

ABSTRACT

The problems of physical variations of moisture in porous media and in rocks in particular are considered. These variations are often expressed as differential equations which are mathematical models of the process.

As mathematical equations of moisture transfer in the aeration zone are very complicated, their analytical solution is rather difficult. Linearization of the equation simplifies the problem of its integration, but physical assumptions made greatly schematize the model. At present, in view

of wide application of fast-response computers, approximate estimation methods acquire particular significance.

For numerical solution of moisture migration problems in the aeration zone a diffusion model is used, successful application of this equation depends on the knowledge of basic parameter values of the equation. Examples of moisture migration estimation using the above model are presented.

ЛИТЕРАТУРА

Аверьянов С.Ф. О водопроницаемости почвогрунтов при неполном их насыщении. – Инженерный сб., 1950, т. VIII.

Глобус А.М. Экспериментальная гидрофизика почв. Л., Гидрометиздат, 1969.

Долгов С.И. Исследование подвижности почвенной влаги и ее доступности для растений. Л., Изд-во АН СССР, 1948.

Мясникова Н.А. Зона аэрации полуаридных областей. М., "Наука", 1970.

Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Физика почвы. М., "Наука", 1967.

Нерпин С.В., Юзефович Г.И. О расчете нестационарного движения влаги в почве. – Докл. ВАСХНИЛ, 1966, № 9.

Пичугина Н.В. О расчете влажности в двухслойной почве. – Сб. трудов АФИ, вып. 29. Л., 1969.

Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. Л., "Недра", т. I, 1965; т. II, 1969.

Судницын М.И. Закономерности передвижения почвенной влаги. М., "Колос", 1964.

Шейдегер А.Д. Физика течения жидкостей через пористые среды. М., "Колос", 1960.

Gardner W.B. Calculation of capillary conductivity from pressure plate outflow data. – Soil Sci. Soc. America Proc., 1956, v. 20, N 3.

Richards L.A., Methods of measuring soil moisture tension. – Soil Sci., 1949, v. 68, N 5.

И. И. КРАШИН

К ТЕОРИИ ФИЛЬТРАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПЕРЕМЕННОЙ ПЛОТНОСТИ В МНОГОПЛАСТОВЫХ ВОДОНАПОРНЫХ СИСТЕМАХ

Гидродинамические построения для потоков переменной плотности обычно основываются на использовании понятия гравитационного или силового потенциала как показателя уровня гравитационной энергии (Шестаков, 1967):

$$\phi = P + \int_{z_1}^{z_2} \gamma(z)\, dz, \qquad (1)$$

где P – пластовое давление; γ – удельный вес жидкости; z – вертикальная координата.

Условие существования потенциала фильтрационного потока – постоянство удельного веса жидкости вдоль любого горизонтального направления.

Введение потенциала или приведенного напора (Силин-Бекчурин, 1941) фильтрационного потока переменной плотности позволяет получить наглядное представление о поле его течений путем построения гидродинамических сеток движения. Существующие методики определения движения подземных вод переменной плотности основываются на использовании формулы (1), различаясь только в подходе к способу определения конкретных зависимостей удельного веса воды от глубины и к выбору плоскости сравнения.

Многолетняя практика решения фильтрационных задач показала, что результаты расчетов с использованием приведенных напоров часто не дают однозначной картины движения подземных вод в водоносном горизонте. Оказывается, что в зависимости от выбора плоскости сравнения и от некоторых других особенностей методики расчета результаты решений фильтрационных задач существенно различаются между собой. Отклонения при этом измеряются десятками, а в отдельных случаях даже сотнями метров и становятся соизмеримыми с величинами возмущений фильтрационного потока, вызванными естественными границами или эксплуатацией подземных вод. Это объясняется тем, что фильтрационные расчеты выполняются с использованием уравнений, справедливых только для потенциального течения. В реальных условиях плотность воды не всегда является функцией только глубины залегания пласта и, следовательно, фильтрационный поток не имеет потенциала как величины, градиент которой определит скорость фильтрации.

Радикальное изменение положения возможно при использовании данных о пластовых давлениях и применении дифференциальных уравнений, описывающих процессы фильтрации жидкости с учетом изменения ее плотности и вязкости. Уравнение, полученное для случая стационарной фильтрации воды переменной плотности в реальном водоносном горизонте, представляющем собой некоторую произвольную поверхность, имеет вид (Крашин и др., 1974)

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{km}{g}\left(\frac{\partial P}{\partial x}+g_x\rho\right)\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[\frac{km}{g}\left(\frac{\partial P}{\partial y}-g_y\rho\right)\right]+\omega\rho_0=0, \qquad (2)$$

где x и y – ортогональные криволинейные координаты; ортогональная криволинейная система координат выбрана таким образом, чтобы координатные оси проходили вдоль пласта и не выходили за его пределы; P – пластовое давление; m, ρ, ω – мощность пласта, плотность жидкости и инфильтрация соответственно – функции координат; ρ_0 – плотность пресной воды в нормальных условиях; g_x, g_y – проекции вектора ускорения свободного падения g на оси x и y; k – эффективное значение коэффициента фильтрации с учетом изменения вязкости и плотности воды в водоносном горизонте.

Рассмотрим фильтрацию подземных вод переменной плотности в многопластовой водонапорной системе, представленной чередованием водоносных и слабопроницаемых разделяющих слоев, каждый из ко-

торых является некоторой произвольной криволинейной поверхностью. Форма последней, например, определяется соответствующими структурными картами.

Принимается, что параметры всех водоносных и разделяющих слоев: углы наклона, плотность и вязкость жидкости, коэффициенты проницаемости, мощность и др. – меняются от точки к точке. Изменение параметров по толщине пласта не учитывается.

Предполагается, что структура фильтрационного потока соответствует схеме А.Н. Мятиева и Н.К. Гиринского. Эта схема применительно к рассматриваемой криволинейной системе означает, что фильтрация в водоносных горизонтах направлена вдоль водоносных слоев, а движение в разделяющих пластах направлено ортогонально поверхности водоносных пластов, вмещающих этот разделяющий слой.

Для записи уравнений рассматриваемого типа водонапорных систем может быть использована криволинейная координатная система x, y, z. В этой системе криволинейные поверхности xy проходят через осевые точки водоносных горизонтов, а координаты z ортогональны им в каждой точке каждого рассматриваемого пласта.

Если пренебречь упругим режимом в разделяющих слоях, скорость перетекания V_z в разделяющем слое мощностью m_p с коэффициентом проницаемости $k_{\text{пр}}$ при средних значениях плотности и вязкости воды в разделяющем слое ρ_p и μ_p и величинах пластовых давлений в верхнем слое p_1 и нижнем p будет иметь вид

$$V_z = -\frac{k_{\text{пр}}}{\mu_p m_p}\left[(P_1 - P) - g_z \rho_p m_p\right], \tag{3}$$

где g_z – проекция вектора ускорения свободного падения на ось z.

С учетом (3) система уравнений, описывающих фильтрацию воды переменной плотности в многопластовой системе водоносных горизонтов, разделенных слабопроницаемыми слоями, имеет вид

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{k_n^n m^n \rho^n}{\mu^n}\left(\frac{\partial P^n}{\partial x} - g_x^n \rho^n\right)\right] + \frac{\partial}{\partial y}\left[\frac{\rho^n k_n^n m^n}{\mu^n}\left(\frac{\partial P^n}{\partial y} - g_y^n \rho^n\right)\right] +$$

$$+ \frac{k^{n-1/2} \rho^{n-1/2}}{\mu^{n-1/2} m^{n-1/2}}\left[\left(P^{n-1} - P^n\right) - \rho^{n-1/2} g_z^{n-1/2} m^{n-1/2}\right] -$$

$$- \frac{k_n^{n+1/2} \rho^{n+1/2}}{\mu^{n+1/2} m^{n+1/2}}\left[\left(P^n - P^{n+1}\right) - \rho^{n+1/2} g_z^{n+1/2} m^{n+1/2}\right] +$$

$$+ \omega^n \rho_0 = 0, \tag{4}$$

где $k_n^n, m^n, P^n, g_x^n, \rho^n, \mu^n$ – параметры, характеризующие пласт номер n: проницаемость, мощность, давление, проекцию вектора

ускорения свободного падения на ось x, плотность воды и вязкость воды соответственно; $k_n^{n+1/2}$, $\mu^{n+1/2}$, $m^{n+1/2}$, $\rho^{n+1/2}$, $g_z^{n+1/2}$ – параметры, характеризующие слабопроницаемый и разделяющий слой между пластами n и $n+1$: проницаемость, вязкость воды, мощность, плотность воды и проекцию вектора ускорения свободного падения на ось z.

В связи с тем, что водоносные и слабопроницаемые слои многопластовых систем представляют собой поверхности весьма сложной формы, строго ортогональные системы координат для них не могут быть получены. Однако с учетом обычно небольших углов падений пластов, которые редко превышают 5–20°, представляется возможным построение системы координат, основанной на использовании структурных карт водоносных горизонтов и разделяющих слоев. В этом случае система координат x, y образуется путем наложения прямоугольной координатной сетки x', y' на горизонтальную проекцию моделируемой области (структурную карту), а направление координаты z принимается вертикальным и направлено вверх. Для любого водоносного горизонта направление координатных осей x, y определяется линиями сечения поверхности, проведенной через центр водоносного пласта, вертикальными плоскостями координатной сетки, выбранной на горизонтальной проекции. Полученная таким способом координатная система не ортогональная, но достаточно близкая к ней. Поэтому с заведомо малой погрешностью можно считать, что форма записи дифференциальных уравнений и разностные схемы для сеточного моделирования останутся неизменными, хотя в особых случаях возможно использование более точной и сложной формы записи исходных дифференциальных уравнений и конечно-разностных соотношений.

Чтобы выделить вклады в пластовое давление, благодаря которым происходит движение воды в горных породах, представим функцию $P_n(x, y)$ – поле давлений в водоносном горизонте номер n – следующим образом:

$$P_n^n(xy) = \left[H_{\rho v}^n(xy) - L^n(xy) \right] \rho_0 g , \qquad (5)$$

где $L^n(xy)$ – функция, определяющая положение пласта номер n в каждой точке относительно некоторой плоскости сравнения. По своему физическому смыслу $L^n(x,y)$ – это такое распределение пьезометрических напоров над кровлей пласта, при котором вода в водоносном горизонте находится в неподвижном состоянии. $H_{\rho v}^n$ – функция относительного давления над плоскостью сравнения, определяющая движение воды в водоносном горизонте.

Подставив соотношение (5) в уравнение (4), с учетом (2) после несложных преобразований получим

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[k^n m^n \frac{\partial H_{\rho v}}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y}\left[k^n m^n \frac{\partial H_{\rho v}}{\partial y} \right] + \frac{k^{n-1/2}}{m^{n-1/2}}\left(H_{\rho v}^{n-1} - H_{\rho v}^n \right) -$$

$$- \frac{k^{n+1/2}}{m^{n+1/2}} \left(H^n_{\rho v} - H^{n+1}_{\rho v} \right) + \omega - \frac{\partial}{\partial x}\left[k^n m^n (\rho_0 - \rho^n) \frac{\partial L^n}{\partial x} \frac{1}{\rho_0} \right] -$$

$$- \frac{\partial}{\partial y}\left[k^n m^n (\rho_0 - \rho^n) \frac{\partial L^n}{\partial y} \frac{1}{\rho_0} \right] + \frac{k^{n-1/2}}{m^{n-1/2}} \left(- L^{n-1} + L^n - \right.$$

$$\left. - \frac{\rho^{n-1/2} g_z^{n-1/2} m^{n-1/2}}{g\rho_0} \right) - \frac{k^{n+1/2}}{m^{n+1/2}} \left(- L^n + L^{n+1} \right.$$

$$\left. - \frac{\rho^{n+1/2} g_z^{n+1/2} m^{n+1/2}}{g\rho_0} \right) = 0. \qquad (6)$$

Условия на границах области определяются теми же выражениями, что и для отдельного водоносного горизонта (Крашин и др., 1974):

$$\left. \begin{aligned} H^n_{\rho v\,\text{гран}} &= \frac{P^n_{\text{гран}}}{\rho_0 g} + L^n_{\text{гран}} \\ \frac{\partial H_{\rho v}}{\partial n} &= - \frac{g_{\text{гран}}}{km\rho_0} - \frac{\rho_{\text{гран}} - \rho_0}{\rho_0} \frac{\partial L^n}{\partial n} \end{aligned} \right\}. \qquad (7)$$

Из анализа системы уравнений (6) следует, что функция $H^n_{\rho v}(xy)$ совпадает с напором в случае, если плотность воды в пределах исследуемого водоносного образования остается величиной постоянной.

Полученная система уравнений фильтрации подземных вод переменной плотности в многопластовых системах приведена в виде уравнения (6), позволяющего использовать для решения задач аналоговую и цифровую вычислительную технику. При использовании аналоговых сеточных моделей система (6) моделируется на многослойной модели, состоящей из двумерных сеток сопротивлений R_x, R_y с токовводами, соединенных сопротивлениями R_z.

Криволинейная форма поверхности пластов водонапорной системы обычно задается структурными картами. Сами же структурные карты – проекции кровли или подошвы водоносных горизонтов на горизонтальную плоскость. Использование структурных карт определяет следующую методику построения и расчета моделей. На структурную карту накладывается координатная сетка модели и получаются значения проекций шагов разбивки моделируемого пласта на горизонтальную плоскость h'_i, h'_j, а также сеточные значения функции L_{ij}.

Для построенной таким способом схемы разбивки модели значения шагов h_i, h_j разбивки определяются по формулам

$$h_i = \sqrt{(L_{i+ij} - L_{ij})^2 + h_i'^2}\ ; \quad h_j = \sqrt{(L_{ij+1} - L_{ij})^2 + h_j'^2}\ . \quad (8)$$

Именно эти значения h_i, h_j используются при расчете элементов модели.

В результате решения задач для рассмотренных уравнений фильтрации определяются два поля – поле пластовых давлений и поле векторов скоростей фильтрационного потока. При этом вектор скорости фильтрационного потока в каждой точке пласта определяется сложением двух векторов – вектора градиента относительного давления и вектора градиента массовой силы, умноженных на соответствующие коэффициенты.

ABSTRACT

The results of calculation using reduced heads do not often give a single-valued picture of ground-water movement as under natural conditions water density is not a function of the aquifer depth alone and therefore ground-water flow has no potential as a value the gradient of which governs the flow rate.

This situation changes drastically when using data on aquifer pressures and applying differential equations, which describe liquid flow processes, taking into account changes in liquid density in aquifers considered to be curvilinear surfaces.

Flow of ground water of variable density in a confined multiaquifer system being an alteration of water-bearing and semipermeable layers, each of which is considered to be an arbitrary surface, is discussed.

The system of equations obtained describing flow of water of variable density in a system of interconnected aquifers allows to use analog and digital computers for solution of the problems considered.

ЛИТЕРАТУРА

Крашин И.И., Ганявин В.В., Орфаниди Е.К. Моделирование процессов тепло- и массопереноса в подземных водах (методические рекомендации). М., ВСЕГИНГЕО, 1974.

Силин-Бекчурин А.И. Метод построения гидродинамических сеток для случая переменного удельного веса подземных вод по данным наблюдений при бурении. – В сб.: Гидрогеология и инженерная геология. М., Гостехиздат, 1941.

Шестаков В.М. О потенциале фильтрационного потока жидкости переменной плотности. – В сб.: Вопросы определения параметров и расчета эксплуатационных запасов подземных вод. М., ВСЕГИНГЕО, 1967.

В. К. РУДАКОВ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАЙОНАХ ОРОШЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ АРИДНОЙ ЗОНЫ

Для районов орошения характерны: 1) процесс выноса солей из грунтовых вод и солесодержащих грунтов в почвенный слой при испарении в транспирации; 2) процесс опреснения грунтов при поливах и промывках.

Во многих случаях, когда движение подземного раствора направлено вдоль одной координатной оси (например, по вертикали при поливах или в горизонтальном направлении при подпертой фильтрации из канала), задача гидрогеохимического прогноза сводится к решению одномерного уравнения конвективной диффузии (Веригин, Шержуков, 1969).

$$n_э \frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v \frac{\partial C}{\partial x} + \beta (C_н - C) \qquad (1)$$

при соответствующих краевых условиях; здесь C – концентрация раствора, г/л; $C_н$ – концентрация предельного насыщения; D – коэффициент конвективной диффузии, $м^2$/сут; v – скорость фильтрации м/сут; $n_э$ – активная пористость; β – коэффициент солеобмена, $сут^{-1}$.

Известные аналитические решения относятся главным образом к простейшим схемам, когда коэффициенты уравнения (1) предполагаются постоянными параметрами.

Автором проведены исследования по разработке новых методов экспериментального и численного решения на АВМ и ЭЦВМ сложных задач конвективной диффузии с целью наиболее полного отображения в математических моделях реальных гидрогеологических и гидрохимических условий.

Предложен способ моделирования этих процессов на электрических сетках RR_t (интеграторы БУСЭ–70, МСМ–1), заключающийся в отображении конвективного переноса в величинах электрических сопротивлений и основанный на приведении уравнения (1) к виду

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[f(x) \frac{\partial C}{\partial x}\right] + \frac{f(x)\,\beta(x)}{D} (C_н - C) = \frac{f(x)\, n_э(x)}{D} \frac{\partial C}{\partial t}, \qquad (2)$$

где,

$$f(x) = \exp\left[-\int_0^x p(\xi)\, d\xi\right], \quad p(x) = v/D. \qquad (3)$$

В результате конечно-разностной аппроксимации (2) по неявной схеме и введения масштаба потенциалов $m_u[\frac{В}{г./л}]$ и масштаба сопро-

тивлений m_R[0м·м] переходим к аналогичному уравнению баланса электрического тока

$$\frac{U^k_{i-1} - U^k_i}{R_{i-1,i}} + \frac{U^k_{i+1} - U^k_i}{R_{i+1,i}} + \frac{U_н - U^k_i}{R_{\beta,i}} = \frac{U^k_i - U^{k-1}_i}{R_{t,i}}, \qquad (4)$$

где

$$R_{i-1,i} = m_R \frac{2\Delta x}{1 \cdot [f(x)_{i-1} + f(x)_i]}, \quad R_{i+1,i} = m_R \frac{2\Delta x}{1 \cdot [f(x)_{i+1} + f(x)_i]} \qquad (5)$$

электрические сопротивления, соединяющие узлы $i-1$ и i, а также $i+1$ и i; $R_{\beta,i} = m_R D_i / 1 \cdot \Delta x \cdot f(x)_i \cdot \beta_i$ – сосредоточенное сопротивление солевому обмену в i–м узле; $R_{t,i} = m_R D_i \Delta t / 1 \cdot \Delta x \cdot f(x)_i \cdot n_{э,i}$ – "временное" электрическое сопротивление, подсоединенное к i–му узлу; U – электрический потенциал, В; $U_н = m_U C_н$; сечение потока принято равным 1 $м^2$.

Моделирование (4) на такой сетке осуществляется по процедуре Либмана (Liebmann, 1956). В случае изменения скорости v на каком–либо шаге Δt меняется функция $f(x)$ и соответственно следует пересчитать величины сопротивлений R_i, R_β и R_t.

Предложенный метод гораздо удобнее известной методики, описанной в монографии У.Карплюса (1962), поскольку не требует специальной процедуры согласования "левых" и "правых" омических сопротивлений; кроме того, он свободен от жестких ограничений в выборе шагов Δx и Δt, которые свойственны способу Н.Н. Лапшина (1969).

Автором разработан также способ модельного решения на бумажных моделях ЭГДА уравнения (1), причем конвективный перенос $v\partial C/\partial x = q(x,t)$ рассматривается как некоторым образом заданная интенсивность солевых источников (стоков). Величина $q(x,t)$ моделируется заданием через бумажные реостаты значений силы тока $I_{\Delta l} = -(v\Delta l s m_l / D R_\square)\left(\frac{\partial U}{\partial l}\right)_{\Delta l\ ср}$ на выделенные вдоль модели (полоски бумаги шириной s с удельным сопротивлением $R_\square$) ее фрагменты длиной Δl; $\left(\frac{\partial U}{\partial l}\right)_{\Delta l,ср}$ – средний электрический градиент в пределах фрагмента Δl, определяемый в процессе моделирования. Задача определения C решается последовательными приближениями до полного соответствия токов $I_{\Delta l}$ средним градиентам потенциала на каждом фрагменте. Нестационарность процесса отображается по схеме Либмана с помощью "временных" бумажных сопротивлений размером $b_t = D\Delta t / s m_l^2$ для каждого фрагмента Δl (m_l – линейный масштаб).

Предложенные методы моделирования позволяют адекватно отображать неоднородность области, детально учитывать режим орошения и осадков, а также колебания уровня и минерализации грунтовых вод на границах. Погрешность результатов обычно не превышает 2–4%, реже достигая 6–8%.

Вопросы численного решения задач конвективной диффузии на ЭЦВМ рассматриваются в работах Д.Ф. Шульгина и Р.Машарипова и др. Однако ряд аспектов применения указанных методов для реальных прогнозов гидрогеологического режима еще недостаточно разработан.

Основа предложенного алгоритма численного решения – конечно-разностная аппроксимация по явной схеме уравнения пространственной неустановившейся конвективной диффузии с переменными коэффициентами $D(x, y, z)$, $\beta(x, y, z)$ и граничным условием Бреннера (Brenner, 1962) на поверхности почвы; поле скоростей фильтрации задается по данным гидродинамического расчета. Разработаны конкретные алгоритмы и программы численного решения на ЭЦВМ "М-222" типовых задач прогноза гидрогеохимического режима в условиях орошения с детальным учетом исходного поля концентраций, режима влагопереноса в грунтах, колебаний уровня и минерализации грунтовых вод на границах области. Погрешность вычислений C не превышает 4-6%. Данная методика применена для прогноза гидрохимического режима в зоне Северо-Крымской оросительной системы.

Автором также предлагается принципиально новая схема численного прогнозирования гидрохимического режима путем вероятностного моделирования уравнения конвективной диффузии по методу Монте-Карло. Основа алгоритма – конечно-разностный аналог уравнения (1) для i-го узла при $\Delta x = \text{const}$.

Выбирая переменный шаг по времени $\Delta t_i = (\beta_i + 2D/(\Delta x)^2)^{-1}$, получаем вероятностную формулу

$$C_i^k = p_1 C_{i-1}^{k-1} + p_2 C_{i+1}^{k-1} + p_3 C_н \qquad (p_1 + p_2 + p_3 = 1), \tag{6}$$

где

$$p_1 = \frac{D + 0{,}5\, v_i^{k-1} \Delta x}{A}, \quad p_2 = \frac{D - 0{,}5\, v_i^{k-1} \Delta x}{A}, \quad p_3 = \frac{\beta_i \cdot (\Delta x)^2}{A}, \tag{7}$$

$$A = 2Dn_{э,i} + \beta_i \cdot n_{э,i} \cdot (\Delta x)^2.$$

Коэффициенты p_1 и p_2 – вероятности перехода блуждающей частицы в один из двух соседних узлов, $i-1$ и $i+1$, а p_3 – вероятность попадания ее в узел $i_н$ с заданной концентрацией предельного насыщения $C_н$ (где цикл блуждания заканчивается и фиксируется "штраф", равный $C_н$). С увеличением β_i и уменьшением D возрастает вероятность реализации "штрафа" $C_н$ и соответственно повышается прогнозируемая концентрация в расчетном узле i. Роль конвективного переноса (скорости v) выражается в различии вероятностей p_1 и p_2: преобладает блуждание в сторону границы области, откуда движется фильтрационный поток.

Значения концентрации C_i^0, заданные в узлах начальной временной цепочки, дискретно аппроксимируют исходный гидрохимический

профиль. При выходе частицы на эту цепочку цикл блужданий прекращается с учетом "штрафа", равного значению C^0 в соответствующем узле.

Прогнозируемое значение концентрации C в i-м узле на расчетный период определяется путем статистической обработки на ЭЦВМ результатов C^* достаточно большого числа N циклов блужданий

$$C \approx \left(\sum_{g=1}^{N} C^* \right) : N = \frac{m C_{\text{Н}} + p C_{\text{П}} + s C_{\text{Г}} + l C_i^0}{N} \quad (m+p+s+l=N), \quad (8)$$

где m, p, s, l – количество попаданий в соответствующие узлы $i_{\text{Н}}$, $i=0$ (поверхность почвы, где задано $C_{\text{П}}$, $i=M$ (другая граница потока с заданной величиной $C_{\text{Г}}$) и $i,0$.

Аналогичным образом разработан алгоритм численного решения пространственной задачи конвективной диффузии.

Теоретико-вероятностная схема метода Монте-Карло в принципе позволяет гибко и адекватно воспроизводить на вероятностных моделях любые гидрогеологические и гидрохимические факторы со сложными законами их поведения. Практически целесообразно применять этот метод для прогноза изменения гидрохимического режима на локальных участках без расчета C в остальной части области.

Важное условие достоверности прогнозов – обоснованный выбор расчетных гидрохимических параметров D и β. С этой целью необходимо воспроизводить численным моделированием на ЭЦВМ фактический процесс перераспределения солей, зафиксированный регулярными гидрохимическими наблюдениями. Чтобы сузить диапазон поиска расчетных значений D и β на ЭЦВМ, целесообразно осуществлять предварительную оценку этих параметров с помощью сравнительно простых аналитических формул.

ABSTRACT

The hydrogeochemical processes in the irrigation regions of arid zone are described by the equation of convective diffusion. The author suggests new methods of mathematical modelling of these processes by analog and digital computers. The first method is based on the transformation of the original differential equation as a result of which convective transfer is simulated by electrical resistance. Modelling of the hydrochemical regime is realized on the grid using Liebmann's scheme. The other method of analog modelling is performed on EHDA paper models, it consists in simulating convective transfer by electrical currents through paper rheostats for fragments of the model. The problem of determining $C(x, t)$ is solved by successive approximation to complete conformity of given currents by average potential gradient values for each fragment. The non-steady state of the process is simulated using Liebmann's scheme by means of "time" paper resistances.

The basis of the suggested numerical solution algorithm is a finite-difference approximation using the explicit scheme of the equation of three-dimensional non-steady convective diffusion with variable coefficients and Brenner's boundary condition on the soil surface. The error of calculation of C does not exceed 4÷6%. This method is used for predicting the hydrochemical regime in the North-Crimea irrigation system.

A new scheme of numerical predicting the hydrochemical regime by probabilistic modelling of the convective diffusion equation using the Monte-Carlo method is also suggested. A probabilistic formula, describing the wandering process in the space-time grid, taking into account the initial and boundary conditions of the problem and solution process, is obtained. The role of convective transfer is that wandering tends to the boundary of the region from which flow moves. The predicted value of concentration C in node i for the calculation period is determined by statistical computing of results of a sufficiently large number of wandering cycles. The algorithm of the numerical solution of the three-dimensional convective diffusion problem is worked out similarly. This method is advisible to use for predicting the hydrochemical regime in confined areas without calculation of C for the rest of the region.

ЛИТЕРАТУРА

Веригин Н.Н., Шуржуков Б.С. Диффузия и массообмен при фильтрации жидкостей в пористых средах. – В кн.: Развитие исследований по фильтрации в СССР. М., "Наука", 1969.

Карплюс У. Моделирующие устройства для решения задач теории поля. М., ИЛ, 1962.

Лапшин Н.Н. О моделировании уравнения конвективной диффузии и теплопроводности в потоках подземных вод. – Труды ВОДГЕО, вып. 22, 1969.

Brenner H. The diffusion model of longitudinal mixing in beds of finite length. Numerical values. Chem. Engrs Sci. v. 17, 1962.

Liebmann G. A new electrical analog method for the solution of transient heat conduction problems. Trans. ASME, v. 78, N 3, 1956.

В. М. ГОЛЬДБЕРГ

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ЕГО ПРОГНОЗ НА ВОДОЗАБОРАХ АРИДНОЙ ЗОНЫ И МОРСКИХ ПОБЕРЕЖИЙ

Все возрастающее использование подземных вод, в особенности пресных, со всей остротой ставит вопрос об их охране от загрязнения – одной из основных проблем современной гидрогеологии.

Под загрязнением подземных вод следует понимать такие изменения их качеств (физических, химических и биологических), ко-

26 967.

торые делают воду частично или полностью непригодной для водопользования. Критерием оценки степени загрязнения подземных вод служат нормы предельно допустимых концентраций отдельных компонентов и общей минерализации воды. Основными загрязнителями подземных вод являются: а) промышленные отходы и прежде всего промышленные сточные воды; б) бытовые стоки и отходы; в) сельскохозяйственные удобрения и ядохимикаты; г) природные (поверхностные и подземные) некондиционные воды. Под природными некондиционными понимаются воды повышенной общей минерализации и содержащие отдельные компоненты (хлориды, железо, фтор, сульфаты и др.) сверх допустимых для питьевых вод норм. Загрязнение подземных вод может быть химическим, бактериальным или смешанным. В большинстве случаев химическое загрязнение подземных вод, являющееся относительно стойким по сравнению с бактериальным загрязнением, проявляется в повышении их общей минерализации и солености.

Говоря о загрязнении подземных вод, следует иметь в виду прежде всего загрязнение пресных и слабоминерализованных (менее 3–5 г/л) подземных вод. В этой связи особого внимания требуют вопросы охраны подземных вод на водозаборах хозяйственно-питьевого назначения.

Одна из основных причин ухудшения качества подземных вод – подтягивание к водозабору природных некондиционных подземных и поверхностных вод. Наиболее характерно это для аридных зон, где пресные подземные воды в большинстве случаев локализованы на сравнительно небольшой площади и окружены солеными водами, и районов морских побережий, где горизонты пресных подземных вод подвержены вторжению морских вод.

Охрана от загрязнения подземных вод на водозаборах тесно связана с разработкой методики прогноза продвижения загрязненных вод к водозабору и изменения качества воды в нем. В основе этого прогноза лежит исследование структуры (кинематики) течения подземных вод в различных гидрогеологических условиях, оценка времени подтягивания соленых (загрязненных) вод к водозабору и прогноз их смешения на водозаборе с пресными водами.

Характер и время подтягивания соленых вод к водозабору зависят от граничных условий водоносного горизонта, наличия или отсутствия естественного движения подземных вод, фильтрационной неоднородности отложений и типа водозабора (сосредоточенный площадной водозабор, линейный ряд, инфильтрационный водозабор), расположения контура соленых вод относительно границ пласта и водозабора, направлений движения соленых вод к водозабору и естественного потока подземных вод.

При работе водозабора в условиях естественного потока подземных вод формируется локализованная вниз по потоку и с боковых сторон область захвата (или область питания) водозабора. Длина этой области вниз по потоку определяется положением водораздельной точки, которое находится из условия равенства в этой точ-

ке нулю результирующей скорости движения подземных вод, обусловленной водозабором и естественным потоком. Движение подземных вод к водозабору происходит только внутри его области захвата. Поэтому подтягивание соленых вод к водозабору возможно лишь тогда, когда они попадают в эту область. В этом случае один из основных моментов прогноза качества воды – оценка времени подтягивания к водозабору первых порций соленых вод по кратчайшему расстоянию до границы соленых вод. Если это время достаточно большое (десятки лет и более), значительно превосходящее срок, на который рассчитываются эксплуатационные запасы пресных вод на участке водозабора, то прогноз качества воды можно ограничить оценкой времени подтягивания первых порций соленых вод. Если же время подтягивания соленых вод сравнительно небольшое и водозабор будет работать в условиях подсоса соленых вод, то необходимы прогноз изменения качества воды во времени в результате смешения пресных и соленых вод и оценка времени достижения предельно допустимой минерализации отбираемой воды.

Теоретический анализ подтягивания соленых вод к водозабору в различных гидрогеологических условиях и их смешения с пресными водами показал, что в зависимости от взаимного положения водозабора и границы соленых вод относительно контура постоянного напора, наличия или отсутствия естественного движения подземных вод могут быть три основных случая изменения качества воды на водозаборе: полное засоление водозабора, частичное и убывающее.

Первый тип засоления водозабора имеет место при подтягивании соленых (загрязненных) вод со стороны контура постоянного напора (море, река) при отсутствии естественного потока подземных вод в сторону контура. В этом случае минерализация воды на водозаборе после начала подсоса соленых вод начнет постепенно возрастать, пока не достигнет минерализации соленой воды, т.е. произойдет полное засоление водозабора. Теоретически полное засоление наступит при $t = \infty$. Пусть минерализации пресных и соленых вод равны 0,5 и 5,0 г/л, дебит водозабора 10 тыс.$м^3$/сут, мощность водоносного горизонта 20 м, расстояние до берега моря 2000 м, пористость 0,1. В этих условиях время поступления к водозабору первых порций соленой воды равно ~ 4,5 годам, время роста минерализации воды на водозаборе – до 2,75 г/л и составит 13 лет, а время роста минерализации до 4 г/л – примерно 130 лет.

Частичное засоление водозабора происходит в условиях неограниченного пласта, состоящего из двух полуплоскостей, занятых пресными и солеными водами при отсутствии естественного движения подземных вод (второй тип засоления водозабора). В этом случае конечная максимальная минерализация воды на водозаборе равна полусумме минерализаций пресной и соленой воды. При частичном засолении минерализация возрастает до какого-то максимума, обусловленного соответствующими долями притока пресных и соленых вод, и остается затем постоянной. Эта предельная величина минерализации не зависит от вида водозабора, его удален-

ности от границы соленых вод и формы этой границы. Указанные факторы определяют только время наступления предельной минерализации. Так, для приведенных выше значений параметров и расстояния до границы соленых вод 2000 м поступление первых порций соленых вод произойдет через ~ 7 лет, максимальная минерализация воды на водозаборе равна 2,75 г/л и наступит при $t = \infty$, время достижения минерализации 2 г/л составит ~ 27 лет, а минерализации 2,5 г/л – свыше 200 лет.

Третий тип засоления водозабора (убывающее засоление) имеет место при подтягивании к береговому водозабору в долине реки соленых вод со стороны террас, в то время как в реке воды пресные. Этот тип засоления может быть также в неограниченном пласте в условиях естественного потока подземных вод при расположении границы соленых вод внутри области захвата водозабора вниз по потоку. При убывающем засолении минерализация отбираемой воды сначала возрастает, а затем после достижения максимума начинает медленно снижаться, что обусловлено уменьшающимся во времени притоком соленых вод к водозабору, т.е. происходит самоопреснение отбираемой воды. Этот процесс по существу отражает естественное увеличение запасов пресных подземных вод (магазинирования), происходящее под влиянием работы берегового водозабора. Опреснение отбираемой воды происходит вследствие вторжения пресных поверхностных вод в подземные соленые воды и отжатия последних. Таким образом, при работе берегового водозабора увеличивается площадь развития пресных подземных вод (за счет перевода пресных поверхностных вод в подземные), и в результате этого происходит пополнение их запасов.

Процесс опреснения отбираемой воды медленный. Например, при расположении водозабора в середине полосы пресных подземных вод шириной 1000 м, примыкающей к реке и ограниченной с противоположной стороны солеными водами, время начала их подсасывания (при указанных выше значениях параметров) равно приблизительно 200 суткам, максимальная минерализация воды в водозаборе составляет 1,25 г/л, время ее наступления через ~3 года; время, за которое минерализация воды уменьшается до 1 г/л, примерно равно 15 годам.

Специфика миграции соленых (загрязненных) вод в пласте – их физико-химическое взаимодействие с породой и пластовыми водами, в результате которого возможны изменения проницаемости и пористости водоносных и водоупорных (глинистых) пород. Проведенные обширные экспериментальные исследования фильтрации хлоридных растворов NaCl и $CaCl_2$ различных концентраций (от 0,5 до 150 г/л) через песчано-глинистые и глинистые породы позволили выявить ряд особенностей, связанных с взаимодействием жидкости с породой при движении подземных вод разных составов и минерализаций и вытеснении из пласта одной жидкости другой. Установлено, что проницаемость песчано-глинистых и в особенности глинистых пород по отношению к хлоридным растворам повышенной концентрации (10–30 г/л) в несколько раз больше, чем по отношению

к пресной воде. Это различие в проницаемостях наиболее сильно проявляется в породах, содержащих монтмориллонитовые глины и главным образом Na–монтмориллонит. На изменение проницаемости песчано–глинистых пород значительно сильнее влияет раствор NaCl, чем $CaCl_2$. Основные изменения проницаемости происходят в интервале концентраций от 5 до 30–50 г/л; дальнейший рост концентрации хлоридных растворов незначительно увеличивает проницаемость глинистых пород. Увеличение проницаемости глинистых пород связано с разрушением связанной воды в порах глин под воздействием концентрированных хлоридных растворов. Эти данные свидетельствуют о том, что к оценке водоупорных свойств глинистых пород следует подходить дифференцированно в зависимости от состава и концентрации фильтрующейся жидкости. Глины могут быть практически непроницаемыми для пресных вод и пропускать подземные и поверхностные соленые воды и загрязняющие растворы повышенных минерализаций.

На основе теоретических исследований лабораторных и натурных экспериментов разработана методика гидрогеологических прогнозов движения загрязненных вод в пласте и изменения качества воды на водозаборе применительно к условиям аридных зон морских побережий (Бабушкин и др., 1962, 1969; Гольдберг, 1973).

ABSTRACT

Fresh ground-water pollution is caused by industrial and domestic wastes, fertilizers, toxic chemicals, and natural substandart water. Intensive pollution of ground water by industrial wastes occurs in the areas of locating surface storage of industrial wastes. Fresh groung-water protection against pollution at large central water intakes is of particular concern. Prediction of changing the ground-water quality at water intakes includes estimating the extension of the recharge area of a water intake and its location relative to the zone of salt water, estimating the time of salt water intrusion to the water intake, calculating fresh and salt water mixing at the water intake and determining the time of attaining the maximum permissible dissolved solids content. Three main cases of changing the ground-water quatity at the water intake, distinguished depending on the hydrogeological conditions of an aquifer, are full, partial and decreasing salinization.

ЛИТЕРАТУРА

Бабушкин В.Д., Глазунов И.С., Гольдберг В.М. Основные принципы эксплуатации и оценки запасов крупных линз пресных вод. М., Госгеолтехиздат, 1962.

Бабушкин В.Д., Глазунов И.С., Гольдберг В.М. Поиски, разведка, оценка запасов и эксплуатация линз пресных вод. М., "Недра", 1969.

Гольдберг В.М. Гидрогеологические прогнозы движения загрязненных подземных вод. М., "Недра", 1973.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОЛОГИЯ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

Предисловие 4

Ш.А. Азизбеков, Н.В. Пашалы. Вулканизм и осадконакопление позднеальпийского этапа геологического развития Кавказа, Ближнего и Среднего Востока (неоген-антропоген) 5

С.А. Архипов, М.Р. Вотах, А.В. Гольберт, В.И. Гудина. Плейстоцен севера Западной Сибири: оледенения, морские трансгрессии и колебания климата 12

В.И. Бардин. История оледенения Антарктиды (Современное состояние проблемы) 18

Ю.М. Васильев. Влияние климата и гляциоэвстатических трансгрессий Океана на изменения уровней замкнутых и полузамкнутых бассейнов (южные моря СССР) 25

С.С. Воскресенский, Г.С. Ананьев, М.П. Гричук, С.А. Лебедев, Г.А. Постоленко, Э.Г. Ананьева, И.С. Воскресенский, С.Д. Венцкевич, Т.Ф. Джобадзе, И.А. Каревская, Г.Н. Колосова, З.М. Полосухина, В.Ф. Монахов, В.А. Соловьев, Г.А. Шубин. Основные черты плиоцен-четвертичной истории Северо-Востока СССР 31

А.Р. Гептнер. Физико-географические условия накопления позднекайнозойских вулканогенно-осадочных формаций Исландии . . . 36

Г.И. Горецкий. Палеопотамологический метод корреляции морских и континентальных отложений антропогена 42

В.И. Громов. О двух каналах эволюции человека 49

И.К. Иванова. Геология, климат и эволюция человека . . . 56

И.П. Карташов, А.Г. Черняховский. Роль гляциоэвстатики и колебаний климата в четвертичной геологической истории Кубы. 65

Н.В. Кинд, Л.Д. Сулержицкий. О позднеплейстоценовых оледенениях и морских трансгрессиях севера Средней Сибири . . . 73

Н.Н. Костенко. Позднекайнозойская история Казахстана . . 84

А.П. Кулаков. Четвертичные колебания уровня океана и рельеф юга Дальнего Востока СССР 91

И.Г. Лискун. Климатическая обстановка в Монголии в период формирования континентальных третичных отложений 97

К.В. Никифорова, И.И. Краснов, Л.П. Александрова, Ю.М. Васильев, Н.А. Константинова, А.П. Чепалыга. Климатические колебания и детальная стратиграфия верхнеплиоценовых-нижнеплейстоценовых отложений юга СССР 101

В.Н. Разумова. Генетические типы кор выветривания . . . 119
Л.Р. Серебрянный, А.В. Раукас. Климат и оледенения Европы в позднем плейстоцене 127
Т.С. Троицкая. Следы позднеплейстоценовой регрессии и голоценовой трансгрессии в Японском море (по фораминиферам) . . . 132
П.В. Федоров. Закономерности колебаний уровней Каспийского, Черного и Средиземного морей в плейстоцене 136

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Предисловие 144
Е.М. Сергеев, И.С. Комаров Проблемы преобразования окружающей среды и инженерно-геологические прогнозы 145
Г.А. Голодковская, Л.М. Демидюк. Задачи инженерной геологии в решении проблемы рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды 148
С.В. Григорьева. Некоторые закономерности развития инженерно-геологических процессов в ходе комплексного освоения территорий (на примере отдельных регионов) 156
Е.М. Сергеев, Г.А. Голодковская, Л.В. Бахирева, Л.М. Демидюк, Г.М. Терешков, В.Ковальский, Г.Лозиньска-Стемпень, Ю.Ляшковский, Я.Стохляк. Принципы составления карт изменения геологической среды под влиянием деятельности человека 165
В.П. Солоненко. Оползни и обвалы в сейсмических зонах и их прогноз 172
О.С. Подкаминер. Тектонические процессы, вызванные инженерной деятельностью 181
Ю.Ф. Захаров. Проблемы изучения и предотвращения оседаний поверхности и их последствий при эксплуатации нефтяных и газовых месторождений Сибири 190
Г.Г. Скворцов, Б.М. Гамалей, В.В. Фромм. Инженерно-геологические явления при горных работах, их изучение и прогноз в связи с задачами охраны природной среды 198
М.В. Чуринов, И.М. Цыпина, В.П. Лазарева, А.В. Садов, К.А. Гулакян. Региональные закономерности условий образования геологических процессов, методы их изучения и прогноз . 202
Л.А. Потемкин. Проблемы рекультивации земной поверхности в связи с добычей полезных ископаемых 210
И.И. Плотников, С.Г. Дубейковский. Условия возникновения и прогнозирование провальных явлений при осушении месторождений бокситов в карстовых массивах 217
В.Д. Ломтадзе. Закономерности развития гравитационных процессов и их прогноз 225
Э.Г. Газиев. Морфология трещин и устойчивость массивов . . 235
И.М. Буачидзе, К.И. Джанджгава. Инженерно-геологическая оценка современных геологических процессов на Кавказском шельфе Черного моря с целью рационального освоения побережья 244
Ф.В. Котлов. Город и геологическая среда, закономерности их взаимодействия 254
М.С. Захаров, В.Н. Крылов, А.В. Кузьмин, О.В. Боровик, Р.А. Микшис. Инженерная геология и планирование городов (некоторые типичные проблемы городских территорий Северо-Запада СССР) 264

Г.В. Джапаридзе, Д.В. Чхеидзе, Г.А. Чиковани. Инженерная геология и вопросы перспективного строительства в г.Тбилиси 270
Л.Г. Балаев, И.Я. Богданов. Инженерно-геологические исследования при мелиорации земель 276
С.Д. Воронкевич, Л.А. Евдокимова, В.А. Мымрин, Н.А. Ларионова, Е.Н. Огородникова. Использование промышленных отходов для улучшения грунтов при различных видах строительства 283
В.С. Шибакова. О возможности применения СВЧ-способа закрепления грунтов 295
В.В. Новожилов, М.С. Котова. Охрана природных вод при открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых 301

ПРОБЛЕМЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ АРИДНОЙ ЗОНЫ

Предисловие 310

Общие гидрогеологические проблемы аридных областей

В.Н. Кунин. Некоторые проблемы аридной гидрогеологии . . 311
Н.Н. Ходжибаев, Г.В. Куликов. Роль крупных артезианских бассейнов в аридной зоне (на примере Средней Азии) 319
Л.С. Балашов, В.М. Фомин. Вертикальная геохимическая зональность грунтовых и артезианских вод в аридной зоне и их соотношение в геологической структуре 322
Я.А. Ходжакулиев, Н.Т. Суюнов, О.П. Абрамова, М.М.Батыршин, В.Ф. Казаков. Подземные воды Каракумов и их народнохозяйственное значение 330
В.Д. Безроднов, Н.В. Роговская. Гидродинамическая структура артезианских бассейнов аридной зоны СССР 335
Н.И. Плотников, В.М. Фомин. Роль регионального стока в формировании ресурсов подземных вод артезианских бассейнов аридной зоны (на примере СССР) 338
С.М. Голубев, И.Я. Пантелеев. Большой Сахарский артезианский бассейн и его гидрогеологическое районирование в пределах Алжира 344

Вопросы природного и искусственного восполнения ресурсов подземных вод в аридных зонах

Ф.М. Бочевер, Н.Н. Лапшин, А.Е. Орадовская. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод в условиях искусственного восполнения 353
К.И. Сычев. О режиме естественного восполнения грунтовых вод в речных долинах аридной зоны 360
М.А. Хордикайнен. Геологические условия искусственного восполнения запасов подземных вод в аридных условиях (на примере Средней Азии, Забайкалья и Центральной Якутии) 364
Н.Н. Ходжибаев. Прогноз изменения гидрогеолого-мелиоративных условий территорий Средней Азии, затрагиваемых межбассейновыми переброскими рек 369
Р.Г. Джамалов, И.С. Зекцер, А.В. Месхетели. Особенности формирования подземного стока аридных районов восточного побережья Каспийского моря 372

Д.М. Кац, Ю.Г. Богомолов, А.А. Желобаев, А.М. Сойфер. Роль подземных вод в развитии ирригации и дренажа в СССР . . . 375

Особенности оценок гидрогеологических параметров, моделирования и гидрогеохимических исследований в аридных зонах

В.Н. Чубаров, Г.Я. Черняк. Гидрогеологические и инженерно-геологические аспекты, методы и некоторые результаты изучения зоны аэрации 380

Л.И. Варазашвили, Г.Я. Картвелишвили. Использование гидрогеологических параметров для расчета миграции влаги в зоне аэрации на ЭВМ (на примере Алазанского орошаемого массива) . 386

И.И. Крашин. К теории фильтрации подземных вод переменной плотности в многопластовых водонапорных системах 391

В.К. Рудаков. Математическое моделирование гидрогеохимических процессов в районах орошения земель аридной зоны . . . 397

В.М. Гольдберг. Изменение качества подземных вод и его прогноз на водозаборах аридной зоны и морских побережий . . . 401

CONTENTS

QUATERNURY GEOLOGY

Foreword 4

Sh. A. Azizbekov, N.V. Pashaly. Volcanism and sedimentation of the Late Alpine stage of geological evolution of the Caucasusn Near and Middle East (Neogene-Anthropogene) 5

S.A. Archipov, M.R. Votach, A.V. Golbert, V.I. Gudina. Pleistocene of the West Siberian North: glaciations, marine transgressions and climate fluctuations 12

V.I. Bardin. Antarctic glaciation history (Present state of the problem) 18

Ju. M. Vasiliev. The influence of climatic and ocean glacial-eustatic transgressions on the change of levels of closed and semi-closed basins (Southern Seas of the U.S.S.R.) 25

S. S. Voskresensky, G. S. Ananyev, M.P. Gritchuk, S.A. Lebedev, G.A. Postolenko, E.G. Ananyeva, I.S. Voskresensky, S.D. Ventzkevitch, T.F. Jobadze, I.A. Karevskaya, G.N. Kolosova, Z.M. Polosukhina, V. E. Monahov, V.A. Soloviev, G.A. Shubin. Main features of the Pliocene-Quaternary history of the Kolyma region (the North-East of the U.S.S.R.) 31

A.R. Geptner. The environments of the formation Late Cenozoic volcano-sedimentory assamblages of Iceland 36

G.I. Goretsky. Paleopotamological method of correlation of Anthropogene marine and continental deposits 42

V.I. Gromov. Two ways of the Man's evolution 49

I.K. Ivanova. Geology, climate and evolution of Man 56

I.P. Kartashov, A.G. Cherniakhovsky. The role of glacioeustasy and climatic fluctuations in the Quaternary geological history of Cuba 65
N.V. Kind, L.D. Sulerzhitzky. On Late Pleistocene glaciations and marine transgressions in the North of Middle Siberia 73
N. N. Kostenko. The Late Cenozoic history of Kazakhstan . . 84
A.P. Kulakov. On the Quaternary sea-level changes and relief of the U.S.S.R. Far East 91
I.G. Liskun. Climatic conditions during the formation of Tertiary continental deposits in Mongolia 97
K.V. Nikiforova, I.I. Krasnov, L.P. Aleksandrova, Ju. M. Vasiliev, N.A. Konstantinova, A.L. Tchepalyga. The climatic fluctuations and detailed stratigraphy of the Upper Pliocene, Eopleistocene and Lower Pleistocene deposits of the South of the USSR 101
V.N. Razumova. Genetic types of crusts of weathering 119
L.R. Serebryanny, A.V. Raukas. Late Pleistocene climate and glaciations in Europe 127
T.S. Troitskaya. Traces of the Late-Pleistocene regressions and the Flandrian transgression on the Sea of Japan (according to Foraminifera) 132
P.V. Fedorov. Regularities of the sea-level variations of the Caspian, Black and Mediterranean Seas in Pleistocene 136

ENGINEERING GEOLOGY

Foreword 144
E.M. Sergeev, I.S. Komarov. Problems of Transformation of Environment and Engineering-Geological Prognosis 145
G.A. Golodkovskaya, L.M. Demidyuk. Engineering-Geological Tasks in Solution of the Problem of Rational Use of Natural Resources and Environmental Protection 148
S.V. Grigorieva. Some Objective Laws Governing Engineering-Geological Processes While Complex Development of Territories (Separate Regions are Taken as an Example) 156
E.M. Sergeev, G.A. Golodkovskaia, L.V. Bakhireva, L.M. Demidjuk, G.M. Tereshkov, V. Kovalsky, G. Lozinska-Stampen, V. Liashkovsky, Y. Stokhliak, Principles of Mapping Environmental Geological Alternation under the Influence of a Man Activity 165
V.P. Solonenko. Landslides and Collapses in Seismic Zones and Prediction of them 172
O.S. Podkaminer. Tectonic Processes Caused by Engineering Practice 181
U.F. Zakharov. Problems of Studying and Preventing Surface Subsidence and their after-effects while Exploitation of oil and Gas Deposits in Siberia 190
G.G. Skvortsov, B.M. Gamalei, V.V. Fromm. Engineering-Geological phenomena in Mining Operations, their Study and Prediction with Respect to the Problems of the Environmental Protection . . . 198
M.V. Churinov, I.M. Tsypina, V.P. Lazareva, A.V. Sadov, K.A. Gulakyan. Regional Regularities of the Conditions of Forming Geological Processes, Methods of their Study and Prediction . . . 202
L.A. Potemkin. Problems of Restoring the Land Surface in Connection with the Extraction of Minerals 210

I.I. Plotnikov, S.G. Dubeykovskiy. Conditions of Emerging and Forecasting of Downwarping Phenomena while Drying Bauxite Deposites in Karst Massives 217
V.D. Lomtadze. Regularities of the Development of Gravitational Processes and thier Prognosis 225
E.G. Gaziev. Morphology of Rock Joints and Massives Stability 235
I.M. Buachidze, C.I. Djandjgava. Engineering-Geological Evaluation of Current Geological Processes on the Caucasian Black Sea Shelf Aiming at Rational Coast Development 244
F.V. Kotlov. City and Geological Environment, Rules of their Interworking 254
M.S. Zacharov, V.N. Krylov, A.V. Kuzmin, O.V. Borovik, R.A. Micshis. Engineering Geology and Urban Planning. (Some Typical Problems of Urban Areas at the North-West of the USSR) 264
G.V. Japaridze, D.V. Chkheidze, G.A. Chikovani. Engineering geology and the Problems of Perspective Building of the City of Tbilisi 270
L.G. Balaev, I.J. Bogdanov. Engineering Geological Investigation sfor Land Reclamation Purposes 276
S.D. Voronkevich, L.A. Evdokimova, V.A. Mymrin, N.A. Larionova, E.N. Ogorodnikova. Utilization of Industrial Wastes for Soil Improvement in Different Engineering Purposes 283
V.S. Shibakova. On the Possibility of Using Microwave Energy for Soil stabilization 295
V.N. Novozhilov. M.S. Kotova. Natural Water Resources Conservation by Open-Cast Mining of Mineral Deposits 301

PROBLEMS OF ARID ZONE HYDROGEOLOGY

Foreword 310

General hydrogeological problems of arid regions

V.N. Kunin. Some problems of arid hydrogeology 311
N.N. Khodzhibaev, G.V. Kulikov. The role of major artesian basins in the arid zone exemplified by Soviet Central Asia 319
L.S. Balashov, V.M. Fomin. Vertical geochemical zoning of unconfined and artesian ground waters in the arid zone and their rolation in geological structure 322
Ya. A. Khodzakuliev, N.T. Suyunov, O.P. Abramova, M.M. Batyrshin, V.F. Kazakov. The ground waters of Karakumy and its economic value 330
V.D. Bezrodnov, N.V. Rogovskaya. The hydrodynamic structure of artesian basins in the arid zone of the USSR 335
N.I. Plotnikov, V.M. Fomin. The role of regional ground-water flow in formation of ground-water resources of artesian basins of the arid zone of the USSR 338
S.M. Golubev, I.Ya. Panteleev. The Great Sahara artesian basin and its hydrogeological subdivision 344

Problems of natural and artificial recharge of ground water in arid regions

F.M. Bochever, N.N. Lapshin, A.E. Oradovskaya. Safe yield evaluation in artifial recharge conditions 353
K.I. Sychev. On the regime of natural recharge of unconfined ground water in river valleys of the arid zone 360

M.A. Khordikainen. Geological conditions of artificial recharge in the arid zone of the USSR (Central Asia, Trans-Baikal area and Central Yakutia) 364
N.N. Khodzhibaev. The prediction of changes in hydrogeological and irrigation conditions in the Central Asia area of the USSR affected by interbasin river runoff transfers 369
R.G. Dzhamalov, I.S. Zektzer, A.V. Meskheteli. Conditions of ground-water flow formation in the arid regions of the eastern coast of the Caspian Sea 372
D.M. Katz, Yu. G. Bogomolov, A.A. Zhelobaev, A.M. Soifer. The role of ground water in the development of irrigation and drainage in the USSR 375

Peculiarities of estimating hydrogeological parameters, modelling and hydrogeochemical studies in arid regions

V.N. Chubarov, G.Ya. Chernyak. Hydrogeological and engineering-geological aspects, methods and some results of studying the zone of aeration 380
L.I. Varazashvili, G.Ya. Kartvelishvili. Application of hydrogeological parameters in moisture migration estimation in the zone of aeration using computers for Alazani irrigated area 386
I.I. Krashin. A contribution to the theory of flow of ground water variable density in confined multiaquifer systems 391
V.K. Rudakov. Mathematical modelling of hydrogeochemical processes in the irrigation regions of the arid zone 397
V.M. Goldberg. Ground-water pollution and its prediction at water intakes 401

УДК 551.79

Вулканизм и осадконакопление позднеальпийского этапа геологического развития Кавказа, Ближнего и Среднего Востока (неоген – антропоген). Азизбеков Ш.А., Пашалы Н.В. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 5-11.

Рассматриваются вопросы вулканизма и осадконакопления Кавказа, Ближнего и Среднего Востока в неоген-антропогеновое время. Отмечаются три стадии активной вулканической деятельности: мел-плиоценовая, позднеплиоцен-плейстоценовая и плейстоцен-голоценовая. Вулканизм контролировался зонами глубинных разломов. Его проявление носило в основном характер центрально-трещинного и центрального типов. Продукты деятельности вулканизма – один из источников питания седиментационных бассейнов.

Табл. 1, библиогр. 4 назв.

УДК 551.791(571.1) + 551.336 + 551.583

Плейстоцен севера Западной Сибири: оледенения, морские трансгрессии и колебания климата. Архипов С.А., Вотах М.Р., Гольберт А.В., Гудина В.И. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 12-17.

На севере Сибири в разрезе плейстоцена выделяются морены, ледниково-морские отложения и осадки ледовитых (холодных) и теплых межледниковых морей. Морены отличаются непостоянством литологического состава, плохой сортированностью и окатанностью терригенного материала, оскольчато-комковатой отдельностью, наличием многочисленных деформаций. Вместе с ленточными глинами, песками и галечниками они образуют континентально-ледниковый комплекс. Ледниково-морские и ледово-морские отложения литологически сходны с моренами, однако они всегда находятся в ассоциации с морскими породами и содержат автохтонные комплексы морских организмов.

В плейстоцене севера СССР установлено три палеогеографических типа комплексов фораминифер: позднеледниковый, интерстадиальный и межледниковый.

Происходила также неоднократная смена растительности. Для ледниковий характерны ландшафты "арктических пустынь". В межледниковья в заполярные районы продвигались лесотундры и временами северо-таежные леса.

Неоднократные колебания уровня моря, чередование оледенений и дегляциаций, смена ландшафтов свидетельствуют о колебательных и явно общепланетарных колебаниях климата.

Табл. 1.

УДК 551.79

История оледенения Антарктиды (Современное состояние проблемы). Бардин В.И. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 18-24.

Проблема истории развития антарктического оледенения исключительно широкая и сложная, еще весьма далекая от однозначного решения. Сложность ее определяется тем, что на антарктическом материке весьма редко встречаются участки, свободные от льда, где есть возможность изучать следы древнего оледенения. К тому же континентальные рыхлые осадки ледникового периода Антарктиды, как правило, не содержат органических остатков, и датировать их возраст традиционными биостратиграфическими методами нельзя.

Лишь в последние годы благодаря открытию разновозрастных ледниковых отложений на континенте и изучению донных осадков в водах Южного океана наметился определенный прогресс в изучении истории ледникового периода Антарктиды. Рассматривается одна сторона изучения этой проблемы – результаты палеогляциологических исследований на континенте.

Табл. 1, илл. 2, библиогр. 21 назв.

УДК 551.79+551.89

Влияние климата и гляциоэвстатических трансгрессий Океана на изменения уровней замкнутых и полузамкнутых бассейнов (южные моря СССР). Васильев Ю.М. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 25–31.

Трансгрессии и регрессии южных морей Европейской части СССР определялись двумя факторами – климатическими изменениями и гляциоэвстатическими колебаниями уровня Океана. В Каспийской области динамика уровня моря в основном зависела от изменений климата; в Азовском и Черном морях трансгрессии и регрессии определялись действием обоих факторов.

УДК 551.79

Основные черты плиоцен–четвертичной истории Северо–Востока СССР. Воскресенский С.С., Ананьев Г.С., Гричук М.П., Лебедев С.А., Постоленко Г.А., Ананьева Э.Г., Воскресенский И.С., Венцкевич С.Д., Джобадзе Т.Ф., Каревская И.А., Колосова Г.Н., Полосухина З.М., Монахов В.Ф., Соловьев В.А., Шубин Г.А. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 31–36.

Формирование горных сооружений Северо–Востока СССР и разрушение раннепенепленизированного рельефа началось с конца миоцена. В среднем плиоцене глубина речных долин относительно окружающих междуречий составляла 300–450 м. К началу четвертичного периода произошло углубление долин еще на 120–180 м. Позднеплиоценовые–раннечетвертичные аллювиальные отложения залегают всего на 10–50 м выше современных урезов рек, а в пределах некоторых участков (Верхне–Худжахская впадина) – даже ниже подошвы пойменного аллювия.

Полученный материал опровергает принятую ранее концепцию о формировании горной страны в ходе постепенного и однонаправленного углубления речных долин.

Циклы размыва – накопление осадков были, по–видимому, обусловлены изменением положения базиса эрозии для всего Северо–Востока СССР.

Илл. 1.

УДК 551.21:551.782–551.8/491.1/

Физико–географические условия накопления позднекайнозойских вулканогенно–осадочных формаций Исландии. Гептнер А.Р. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 36–41.

Вулканогенные и вулканогенно–осадочные отложения Исландии объединены в три группы формаций: а) платобазальты, б) лавы и вулканокласты, в) вулканогенно–осадочные образования. Сочетание различных типов фор-

маций в разрезе и особенности их взаимоотношения по латерали отражают изменения климата и различия обстановок накопления (морская, ледниковая, внеледниковая, наземная).

Библиогр. 3 назв.

УДК 551.79

Палеопотамологический метод корреляции морских и континентальных отложений антропогена. Горецкий Г.И. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 42-49.

Корреляция морских и континентальных отложений антропогеновой системы может проводиться различными методами, но наиболее эффективный среди них – палеопотамологический метод. Погребенные аллювиальные свиты антропогена, изучаемые палеопотамологией, образуют естественные связующие звенья, обладающие почти повсеместным развитием на всем протяжении речных долин или крупных отрезков их, контактирующие с разнообразными по составу, генезису и возрасту континентальными осадками. Ископаемые аллювиальные свиты позволяют установить связь этих осадков между собою и с морскими отложениями.

Первостепенное место в корреляционных работах по палеопотамологическому методу занимают изучение речных дельт (где прослеживаются непосредственные соотношения морских и континентальных отложений), а также составление продольных профилей речных врезов.

Палеопотамологический метод применим к изучению корреляций морских и континентальных отложений и более древних, доантропогеновых систем, особенно неогеновой, так как палеопотамологическая унаследованность носит весьма общий характер.

Целесообразно расширить применение палеопотамологического метода при изучении корреляций морских и континентальных отложений, в том числе и по международной программе геологических корреляций (МПГК).

Илл. 2, библиогр. 3 назв.

УДК 551.79

О двух каналах эволюции человека. Громов В.И. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 49-56.

Развитие человека происходит по двум каналам – биологической и социальной эволюции одновременно. Сущность социальной эволюции в том, что научно-техническая и социальная информация передаются потомству по законам преемственности через воспитание и обучение. Это не закодировано в генетической структуре человека. Наследуются не сами свойства, а предрасположения к свойствам. Поэтому наследственность и среда (воспитание) определяют поведение человека.

Признание двух каналов в эволюции человека, по мнению автора, позволит лучше понять и объяснить роль природной среды, и в частности изменения климата, в развитии человека; превращение биосферы в ноосферу; поразительную видовую стабильность *Homo sapiens* на протяжении 40 тыс. лет; унаследованность у современного человека генетической структуры его палеолитических предков; а также ошибочность таких гипотез, как выход человека из-под контроля естественного отбора как саморегулирующейся системы; фатальную неизбежность тотальных войн; за-

вершение процесса антропогенеза и биологической эволюции у человека и пр. Это даст возможность не только понять, но и наметить пути искоренения и пресечения вредных проявлений человеческих качеств. Наиболее перспективные из них – воспитание и генотерапия, потому что воспитание и наследственность определяют поведение человека. Созданию нового человека, т.е. воспитанию человека с социалистическим мировоззрением, в СССР придается сейчас очень большое значение.

Библиогр. 33 назв.

УДК 551.79

Геология, климат и эволюция человека. Иванова И.К. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 56-65.

Климат – важная часть природной среды, оказывающей глубокое влияние на развитие органического мира. Он определяется большим числом факторов как внешнего, космического, так и внутреннего (планетарного и более частного) характера.

Под влиянием космических факторов (которое во многом еще остается неясным) происходили, по-видимому, наиболее крупные эволюционные изменения органического мира Земли в далеком прошлом. Что же касается возникновения и развития человека, которое было подготовлено всем ходом предыдущей истории живых организмов, то здесь главная роль принадлежала "земным" факторам. Причем климат – только одно из звеньев цепочки тектогенез – распределение суши и моря – рельеф поверхности – климат – осадконакопление – ландшафты – растительный и животный мир.

Делается попытка на примере Африки показать, что главную роль в определении места и времени возникновения и развития человека на ранних стадиях антропогенеза играла именно природная обстановка.

Библиогр. 17 назв.

УДК 551.79

Роль гляциоэвстатики и колебаний климата в четвертичной геологической истории Кубы. Карташов И.П., Черняховский А.Г. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с.65-73.

Поверхности выравнивания, широко распространенные на Кубе, ранее считались субаэральными (континентальными) образованиями (Ducloz, 1963).

В действительности все эти поверхности, за исключением, может быть, самых высоких и самых древних, представляют собой абразионные платформы, на которых часто присутствует маломощный (редко более 3 м) покров морских терригенных осадков разного возраста. Эти глины, пески и галечники можно разделить на две основных группы – выветрелых и невыветрелых отложений.

Характерная черта четвертичного климата Кубы, значительно более заметная, чем чередование влажных и аридных периодов, – прогрессирующее уменьшение его влажности.

Библиогр. 8 назв.

УДК 551.79

О позднеплейстоценовых оледенениях и морских трансгрессиях севера Средней Сибири. Кинд Н.В., Сулержицкий Л.Д. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 73-84.

На основании новых геологических и радиометрических данных был установлен сартанский возраст последнего крупного оледенения на севере Средней Сибири и в частности на п-ове Таймыр. Возраст предшествовавшей трансгрессии признается теперь каргинским. Разновозрастное положение древней береговой линии каргинского бассейна (до 100 м и выше в горных областях) и низкий эвстатический уровень моря этого времени (около 40 м) указывают на сложную историю послекаргинских вертикальных движений суши значительной амплитуды. Истинная природа этих движений - соотношение тектонического и гляциоизостатического факторов - еще не вполне ясно.

Илл. 2, библиогр. 25 назв.

УДК 551.782:551.79(574)

Позднекайнозойская история Казахстана. Костенко Н.Н. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 84-91.

Последовательно рассматривается история развития Казахстана, начиная с плиоцена и кончая голоценом.

Илл. 1.

УДК 551.79

Четвертичные колебания уровня Океана и рельеф юга Дальнего Востока СССР. Кулаков А.П. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 91-97.

Четвертичные гляциоэвстатические трансгрессии и регрессии Океана развивались на фоне тектонических движений окраин и дна дальневосточных морей. Для континентальной части юга Дальнего Востока отмечается интеграция морфоструктур и тектонических движений в плейстоцене. Выявлено четыре крупных геоблока земной коры и установлено общее сводово-глыбовое воздымание территории. Впадины Охотского и Японского морей в это время испытывали погружение, которое захватило и окраину материка. Геологические и геоморфологические признаки этого процесса выявлены при изучении прибрежной зоны континента и при работах на море. Островные дуги района (Курило-Камчатская, Японская и о.Сахалин) в четвертичное время испытывали в целом поднятие.

Библиогр. 27 назв.

УДК 551.781(517.78)

Климатическая обстановка в Монголии в период формирования континентальных третичных отложений. Лискун И.Г. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 97-101.

Опыт изучения вещественного состава отложений палеогена Центральной Монголии свидетельствует о ведущей роли литолого-минералогических исследований в определении климатов прошлого. На примере изучения ве-

27 967

щественного состава и строения толщ палеогена Центральной Монголии дана палеоклиматическая характеристика времени их образования.

Рассмотрены две толщи (нижняя – свиты Холболджи-Нур и Эргилийн-Дзо и верхняя – свита Шанд-Гол), резко отличающиеся по составу и текстурно-структурным особенностям отложений, которые, как известно, определяются рядом факторов, зависящих от климата и тектонической активности района. Установлено, что отложения нижней толщи формировались в условиях теплого и влажного климата, в то время как отложения верхней толщи накапливались в теплом, но сухом климате.

УДК 551.79

Климатические колебания и детальная стратиграфия верхнеплиоценовых – нижнеплейстоценовых отложений юга СССР. Никифорова К.В., Краснов И.И., Александрова Л.П., Васильев Ю.М., Константинова Н.А., Чепалыга А.Л. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 101-119.

На основании анализа отложений, остатков фауны млекопитающих и моллюсков, пыльцевой флоры, радиометрического возраста и палеомагнетизма в верхнем плиоцене, эоплейстоцене и нижнем плейстоцене юга СССР выделены 15 горизонтов. Отмечается чередование "холодных" и "теплых" горизонтов, отвечающих климатическим колебаниям. Дана корреляция отложений выделенных горизонтов с Западной, Центральной и Северной Европой, что позволяет считать возможным положить их в основу подразделений единой стратиграфической шкалы.

К статье приложена стратиграфическая схема антропогена СССР, в которой предложена корреляция с Северной Европой и Средиземноморьем.

Табл. 1, библиогр. 44 назв.

УДК 551.311.231; 553.24

Генетические типы кор выветривания. Разумова В.Н. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 119-127.

Древние коры выветривания, считавшиеся до сих пор генетически однотипными образованиями гипергенного происхождения, имеют полигенное происхождение и включают в себя глинистые и охристые продукты метасоматического выщелачивания трех генетических типов: 1) эпигенетические приразломные, связанные с активно живущими разломами, осложняющими пенепленизированную поверхность складчатого основания древних и молодых платформ (древние коры выветривания основания осадочного платформенного чехла линейного, контактово-карстового и площадного типов); 2) сингенетические вулканогенные – продукты гидротермально-вадозного выщелачивания поствулканической стадии, связанные с вулканическими комплексами (коры выветривания фумарольно-сольфатарного или циолитного типа); 3) эпигенетические элювиальные – продукты поверхностного выщелачивания, сформировавшиеся в отличие от обычных элювиальных горизонтов в процессе элювиальной переработки глинистых метасоматитов первых двух генетических типов (интразональные красноцветные глинистые коры выветривания тропиков и субтропиков). Первые две разности кор выветривания образуются при участии гидротермальных растворов, третий – без участия гидротерм. Каждый выделенный генетический тип отличается своими специфическими чертами и закономерностями размещения.

Илл. 2, библиогр. 19 назв.

УДК 551.79

Климат и оледенения Европы в позднем плейстоцене. Серебрянный Л.Р. Раукас А.В. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 127-132.

Новые исследования подтверждают трехчленное подразделение вюрма. Хотя еще нет единого мнения о таксономическом ранге внутривюрмского потепления, ледниковые трансгрессии раннего и позднего вюрма можно рассматривать как самостоятельные оледенения. Если учесть комплекс геологических и геоморфологических данных (сохранность глящигенного рельефа, распространение покровных отложений, густота озерных котловин, глубина вымывания карбонатов в моренах, степень выветрелости обломочного материала), представляется вероятным, что ледниковый щит имел большие размеры в раннем вюрме, когда образовалась бранденбургская (бологовская) краевая ледниковая зона. В позднем вюрме сформировалась померанская (вепсовская) краевая зона. Возраст первой зоны заключен в интервале 60 000 - 50 000, второй - около 16 000 - 17 000 лет назад. Распад последнего оледенения происходил гораздо быстрее по сравнению с его длительным раннеледниковым этапом. Новые палинологические данные по лёссовым районам свидетельствуют о произрастании бореальных лесов со времени позднеплейстоценовых оледенений, что заставляет изменить традиционное представление о дефиците увлажнения перигляциальной зоны и режиме питания ледниковых щитов.

Библиогр. 21 назв.

УДК 551.350+551.79+363.12 (265.4)

Следы позднеплейстоценовой регрессии и голоценовой трансгрессии в Японском море (по фораминиферам). Троицкая Т.С. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 132-136.

Японское море по крайней мере с позднерисского времени не теряло связи с океаном и получало приток океанических вод, о чем свидетельствует постоянное присутствие планктонных фораминифер во всех слоях 420-сантиметровой колонки донных отложений из центральной части моря.

Общая картина колебаний уровня Японского моря с рисс-вюрмского времени идентична известной для берегов Японии и стабильных побережий Мирового Океана.

Библиогр. 10 назв.

УДК 551.79+551.89

Закономерности колебаний уровней Каспийского, Черного и Средиземного морей в плейстоцене. Федоров П.В. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 136-142.

Основываясь на гляциоэвстатической природе трансгрессий и регрессий океана и связанных с ним морей, автор рассматривает плейстоценовую историю Каспийского и Черного морей и закономерности колебаний их уровней.

Илл. 1.

УДК 528.913

Проблемы преобразования окружающей среды и инженерно-геологические прогнозы. Сергеев Е.М., Комаров И.С. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 145-148.

В статье определяется общий методологический подход к решению задач инженерной геологии при осуществлении крупных инженерных проектов. Подчеркивается необходимость изучения всей природной обстановки, в которую "вписывается инженерное сооружение", как единой открытой динамической системы. В качестве примера рассматривается оценка инженерно-геологических условий при строительстве советского синхрофазотрона на 70 ГэВ.

УДК 528.913

Задачи инженерной геологии в решении проблемы рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды. Голодковская Г.А., Демидюк Л.М. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., 148-156.

В статье рассматривается необходимость разработки научных основ рационального использования инженерно-геологических ресурсов, т.е. территорий, обладающих высоким инженерно-геологическим потенциалом и требующих для своего освоения наименьших затрат. Предлагается в качестве одной из первоочередных задач создание серии карт, отражающих природные условия территории, степень и характер ее освоения, изменение инженерно-геологических условий под влиянием хозяйственного освоения, размещение природных богатств и других необходимых факторов для создания карты научных основ рационального использования инженерно-геологической среды.

Илл. 1.

УДК 624.131.54

Некоторые закономерности развития инженерно-геологических процессов в ходе комплексного освоения территорий (на примере отдельных регионов). Григорьева С.В. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 156-165.

В статье рассматриваются закономерности развития инженерно-геологических процессов и явлений, возникающих при различных видах строительства на территориях трех различных в тектоническом отношении регионов I порядка (Западно-Сибирская плита, Сибирская платформа и Урало-Новоземельская складчатая область), в зависимости от региональных геологических особенностей и современных климатических условий этих территорий.

Приводится классификация инженерно-геологических процессов и явлений по характеру их распространения и условиям возникновения при освоении различных территорий.

Табл. 4, библиогр. 2 назв.

УДК 528.913

Принципы составления карт изменения геологической среды под влиянием деятельности человека. Сергеев Е.М., Голодковская Г.А., Бахирева Л.В., Демидюк Л.М., Терешков Г.М., Ковальский В., Лозиньс-

ка–Стемпень Г., Ляшковский Ю., Стохляк Я. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 165–172.

В статье рассматривается опыт составления атласа карт изменения геологической среды под влиянием деятельности человека на территорию ПНР и Европейскую часть СССР. Приводятся три фрагмента аналитических специализированных карт изменения геологической среды в связи с промышленным, городским и дорожным строительством, разработкой полезных ископаемых.

Илл. 3.

УДК 550.30.551.24.624.131

Оползни и обвалы в сейсмических зонах и их прогноз. Солоненко В.П. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 172–181.

В статье подчеркивается, что при многих землетрясениях большая часть жертв и материальных потерь связана не с собственно землетрясением, а с сопутствующими сейсмогравитационными явлениями (оползни, обвалы и др.). Рассматриваются причины, вызывающие последние (сейсмические ускорения, изменение угла наклона, тиксотропное разжижение грунтов), приводится краткое описание 9 их главнейших типов и рекомендации по прогнозу.

В настоящее время прогнозирование сейсмогравитационных явлений по математическим моделям еще невозможно. Опасные оползнеобвальные зоны достаточно надежно определяются по сейсмостатическим и палеосейсмогеологическим данным на инженерно-сейсмогеологической основе.

Библиогр. 27 назв.

УДК 551.24

Тектонические процессы, вызванные инженерной деятельностью. Подкаминер О.С. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 181–190.

В статье рассматриваются процессы и явления тектонического характера, обусловленные инженерной деятельностью человека, приводится их классификация в зависимости от характера вызывающей нагрузки: статической, гидростатической, динамической, а также в связи с глубинными изменениями температуры пород и подземными горными разработками. Обсуждается вопрос о методах исследования техногенных тектонических процессов.

Библиогр. 21 назв.

УДК 624.131.54

Проблемы изучения и предотвращения оседаний поверхности и их последствий при эксплуатации нефтяных и газовых месторождений Сибири. Захаров Ю.Ф. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 190–198.

Извлечение больших объемов жидкости и газа на сибирских промыслах приводит к снижению пластовых давлений, дегидратации глинистых прослоев продуктивных горизонтов, выносу с жидкостью значительного количества минеральных частиц.

Для прогнозирования изменений в основаниях сооружений и хода естественных геологических и инженерно-геологических процессов на нефтяных и газовых месторождениях проводятся разнообразные исследования.

Библиогр. 7 назв.

УДК 624.131.54

Инженерно-геологические явления при горных работах, их изучение и прогноз в связи с задачами охраны природной среды. Скворцов Г.Г., Гамалей Б.М., Фромм В.В. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 198-202.

В статье рассматриваются те инженерно-геологические явления, которые возникают в зоне горных работ на горнодобывающих предприятиях Советского Союза и оказывают наиболее существенное влияние на изменение природной обстановки в районах этих предприятий.

Использованы примеры Криворожского железорудного и Донецкого угольного бассейнов, где горные работы распространились на глубину до 1000 м и более и где инженерно-геологические явления оказывают влияние на изменение природной среды весьма интенсивно.

Рассматриваются вопросы изучения и прогноза инженерно-геологических явлений и мер борьбы с ними с целью уменьшения их вредного влияния на природную среду.

УДК 624.131.54

Региональные закономерности условий образования геологических процессов, методы их изучения и прогноз. Чуринов М.В., Цыпина И.М., Лазарева В.П., Садов А.В., Гулакян К.А. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 202-209.

В статье излагаются некоторые результаты работ в области изучения закономерностей условий распространения и возникновения современных геологических процессов на территории страны. Приводится деление ее территории на специфические ландшафтно-климатические зоны, для каждой из которых характерно проявление определенного комплекса геологических процессов.

Рекомендуется применение различных методов изучения этих процессов, в том числе аэро- и космических. Приводятся пути использования аэроснимков различных масштабов.

Освещается полученный опыт разработки методов прогноза оползневых процессов и некоторые результаты подобных исследований. Намечаются пути их дальнейшего развития.

Библиогр. 7 назв.

УДК 631.618

Проблемы рекультивации земной поверхности в связи с добычей полезных ископаемых. Потемкин Л.А. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 210-217.

В работе рассматривается роль геологии, в том числе и инженерной геологии, в решении проблемы восстановления и улучшения земной поверхности, нарушаемой разработками месторождений полезных ископаемых.

При подземной разработке прогнозирование масштабов и характера сдвижения горных пород, оседания поверхности позволяет предопределять вид рекультивации, объем работ и затраты средств. Классификацией горных по-

род по пригодности к биологической рекультивации обусловливается селективность отвалообразования и целенаправленная горнотехническая рекультивация. Освещается опыт рекультивации земель в СССР.

Библиогр. 7 назв.

УДК 624.131.54

Условия возникновения и прогнозирование провальных явлений при осушении месторождений бокситов в карстовых массивах. Плотников И.И., Дубейковский С.Г. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 217-224.

В процессе осушения Североуральского бокситового бассейна периодически происходит интенсификация провальных явлений.

Провалы возникают на участках с коэффициентами закарстованности известняков больше 0,6%. Выявление провалоопасных площадей предлагается осуществлять на основе обработки геофизических исследований (СЭП, ВЭЗ) буровых работ, с последующей оценкой максимальных значений коэффициентов закарствованности на основе теории распределения экстремальных величин.

Илл. 2, библиогр. 6 назв.

УДК 624.131 542/543

Закономерности развития гравитационных процессов и их прогноз. Ломтадзе В.Д. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 225-234.

В статье дается характеристика причин и условий образования различных гравитационных процессов и явлений и их классификация. Показано, что каждый вид гравитационных явлений характеризуется определенным механизмом процесса, т.е. видом, способом, характером смещения - движения масс горных пород. В заключительной части рассматривается динамика гравитационного процесса, характеризующаяся определенными закономерностями развития во времени и их прогноз.

Табл. 1.

УДК 624.131.537:624.1372

Морфология трещин и устойчивость массивов. Газиев Э.Г. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 235-244.

Основным прочностным параметром при расчете устойчивости скальных массивов является прочность на сдвиг по трещинам.

Анализируя геометрию шероховатости поверхности трещины, прочность скальных выступов на раздавливание и угол трения по плоской поверхности трещины, автор предлагает для определения прочности на сдвиг зависимость, которая хорошо подтверждается экспериментальными исследованиями различных авторов и позволяет прогнозировать прочность на сдвиг по трещинам различной шероховатости и различной протяженности.

Илл. 5, библиогр. 13 назв.

УДК 624.131

Инженерно-геологическая оценка современных геологических процессов на кавказском шельфе Черного моря с целью рационального освоения побережья. Буачидзе И.М., Джанджгава К.И. Сб.: Геология четвертич-

ного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 244-253.

В статье приводятся особенности геологического строения и неотектоники кавказского шельфа Черного моря, рассматриваются основные гидродинамические и литодинамические процессы указанного района, обсуждается вопрос о воздействии деятельности человека на природную обстановку. Оценка и анализ этих факторов позволяют дать рекомендации, направленные на охрану, защиту берегов и рациональное освоение побережья.

Табл. 1, илл. 3, библиогр. 11 назв.

УДК 624.131.1

Город и геологическая среда, закономерности их взаимодействия. Котлов Ф.В. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 254-263.

Город и природная среда едины и взаимосвязаны. На современном этапе урбанизма города стали активными трансформаторами природы и "сгустками" ноосферы. Рассмотрены основные закономерности формирования двойных и в том числе обратных связей во взаимодействии город – геологическая среда.

Показаны специфичность антропогенных геологических процессов городского типа, большое их разнообразие, распространение, физическая природа, механизм и закономерность проявления. Приведена новая классификация антропогенных геологических процессов.

Библиогр. 15 назв.

УДК 624.131.1 (470.2 + 474)

Инженерная геология и планирование городов (некоторые типичные проблемы городских территорий Северо-Запада СССР). Захаров М.С., Крылов В.Н., Кузьмин А.В., Боровик О.В., Микшис Р.А. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 264-270.

Рассмотрено содержание инженерно-геологического анализа и обобщений для целей планирования, проектирования и строительства в границах городских территорий Северо-Запада СССР. Выделены три генеральных типа геологических разрезов и обоснована их инженерно-геологическая специализация с учетом опыта хозяйственного освоения. Обсуждаются вопросы создания автоматизированных систем инженерно-геологической информации для городского планирования.

Библиогр. 5 назв.

УДК 624.131.1

Инженерная геология и вопросы перспективного строительства в г. Тбилиси. Джапаридзе Г.В., Чхеидзе Д.В., Чиковани Г.А. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с.270-276.

В статье рассматриваются особенности геологического и гидрогеологического строения района "большого Тбилиси", а также геоморфологические условия территории, приводятся результаты изучения инженерно-геологической обстановки на территории города и прилегающих областей, которые легли в основу составления крупномасштабной инженерно-геологической карты в пределах границ перспективного развития города.

УДК 624.138

Инженерно-геологические исследования при мелиорации земель. Балаев Л.Г., Богданов И.Я. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 276–283.

Мелиорация земель охватывает площади в миллионы гектаров. Инженерно-строительные работы выполняются в сложных природных условиях. Комплекс мероприятий нередко обусловливает коренное изыскание природных условий и активизирует развитие геологических процессов (просадки, карст, суффозии, эрозии). Задачи инженерно-геологических исследований – прогнозирование развития геологических процессов и оценка условий строительства сооружений.

УДК 628.54 + 624.138

Использование промышленных отходов для улучшения грунтов при различных видах строительства. Воронкевич С.Д., Евдокимова Л.А., Мымрин В.А., Ларионова Н.А., Огородникова Е.Н. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 283–294.

В статье приведены результаты лабораторных и полевых исследований по вопросам упрочнения и уплотнения грунтов путем применения широко распространенных промышленных отходов, таких как золы-уноса и лигнин. Выполненные работы позволяют выделить несколько стадий в развитии физико-химических процессов, обусловливающих изменение свойств зонально-грунтовых материалов. Были установлены оптимальные условия применения зол гидроудаления для укрепления глинистых грунтов. Разработан и испытан новый инъекционный раствор для упрочнения и уплотнения песчаных грунтов.

Табл. 5, илл. 4.

УДК 624.139.3

О возможности применения СВЧ-способа закрепления грунтов. Шибакова В.С. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 295–301.

Рассматривается вопрос о возможности использования нагрева грунтов потоками СВЧ-волн для сушки, низко- и высокотемпературного обжига, спекания и плавления.

Показывается, что объемное выделение энергии СВЧ-волн в породе совместно с их низкой теплопроводностью позволяет эффективно нагревать грунты вплоть до 2000–2500°С на глубину до 30–50 см.

Приводятся результаты лабораторного обжига глины и лёсса с плотностью мощности до 750 кВт/м^2.

Обсуждается вопрос о возможностях использования нагрева пород с помощью СВЧ-волн для закрепления пород для борьбы со склоновыми процессами, для закрепления откосов выемок, каналов, для создания земляного полотна дорог.

Табл. 2, илл. 1, библиогр. 4 назв.

УДК 551.491 .

Охрана природных вод при открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых. Новожилов В.Н., Котова М.С. Сб.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., "Наука", 1976 г., с. 301-308.

В статье рассматривается вопрос охраны природных вод от загрязнения их рудничными водами при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом на примере трех наиболее крупных карьеров в рассматриваемом горнопромышленном районе. Здесь же излагаются мероприятия по снижению и предотвращению загрязнения рудничных вод и по их очистке в отстойниках и специальных приборах-электрокоагуляторах.

Табл. 3, илл. 2, библиогр. 1 назв.

УДК 551.49 + 252.34

Некоторые проблемы аридной гидрогеологии. Кунин В.Н. Сб.:"Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 311-319.

В статье рассматриваются вопросы сочетания традиционных народных и современных форм использования местных вод в аридной зоне, вопросы использования линз пресных вод и борьбы с вторжением соленых вод, использования солоноватых вод, а также проблемы, связанные с повторным использованием дренажных вод. В статье освещены некоторые закономерности формирования пресных вод в пустынных районах.

Библиогр. 5 назв.

УДК 551.496

Роль крупных артезианских бассейнов в аридной зоне (на примере Средней Азии). Ходжибаев Н.Н., Куликов Г.В. Сб.: "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 319-322.

Подземные воды артезианских бассейнов Средней Азии имеют повышенную минерализацию и в большинстве мест непригодны для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Исключение представляют участки интенсивной циркуляции подземных вод. Они формируются в краевых частях бассейна и характеризуются неаридными условиями.

Слабоминерализованные подземные воды развиты также в зонах тектонических нарушений, характеризующихся интенсивной циркуляцией подземных вод. При поисках пресных вод в артезианских бассейнах Средней Азии необходимо в первую очередь обращать внимание на участки интенсивной циркуляции подземных вод и зоны тектонических нарушений.

Илл. 1.

УДК 551.491.4

Вертикальная геохимическая зональность грунтовых и артезианских вод в аридной зоне и их соотношение в геологической структуре. Балашов Л.С., Фомин В.М. Сб.: "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 322-330.

Выделяются три основных типа геохимической зональности грунтовых вод аридного пояса: I тип – увеличение общей минерализации и концентраций сульфатов, а также хлоридов и натрия с глубиной (со сменой геохимичес-

ких классов вод); II тип – уменьшение минерализации и концентрации сульфатов и особенно хлоридов и натрия с глубиной (со сменой геохимических классов вод); III тип – стабильность минерализации и состава грунтовых вод с глубиной на протяжении значительного интервала разреза (обычно с сохранением одного и того же геохимического класса вод).

I тип зональности получает развитие на хорошо дренированных и хорошо питаемых участках аридной зоны при достаточно глубоком залегании уровня грунтовых вод (тип континентального рассоления); II тип – на участках слабо дренированных при неглубоком залегании уровня грунтовых вод в условиях развития процессов испарения и транспирации через зону аэрации (тип континентального засоления); III тип – на участках развития мощных песчаных толщ в условиях установившегося водного баланса и питания через зону аэрации (тип пресноводных линз).

Градиенты минерализации и концентраций отдельных компонентов состава с глубиной для грунтовых вод могут быть положительными, отрицательными или близкими к нулю.

Илл. 2, табл. 2, библиогр. 15 назв.

УДК 551.491.4

Подземные воды Каракумов и их народнохозяйственное значение. Ходжакулиев Я.А., Суюнов Н.Т., Абрамова О.П., Батыршин М.М., Казаков В.Ф. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 330-335.

В статье рассмотрены закономерности распространения пресных и слабосолоноватых подземных вод в пустынных районах Средней Азии на территории Туркменской ССР.

Охарактеризованы ресурсы подземных вод наиболее крупных линз пресных вод.

Рассмотрено также распространение лечебных минеральных вод на территории Каракумов, а также промышленных вод, являющихся сырьем для химической промышленности (для получения йода, брома, лития, рубидия, цезия и др.).

УДК 551.496

Гидродинамическая структура артезианских бассейнов аридной зоны СССР. Безроднов В.Д., Роговская Н.В. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 335-338.

Анализ гидрогеологических условий артезианских бассейнов аридной зоны позволяет сделать практические рекомендации по их изучению и картированию для обоснования оптимального использования водных и земельных ресурсов.

Выявлена необходимость в построении карт фильтрационных и гидродинамических полей водоносной толщи до регионального водоупора и изучения особенности гидродинамической структуры нижнего и верхнего гидрогеологического этажа.

УДК 551.496

Роль регионального стока в формировании ресурсов подземных вод артезианских бассейнов аридной зоны (на примере СССР). Плотников Н.И., Фомин В.М. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 338-344.

Изучение гидрогеологических условий некоторых пустынных равнинных районов СССР показало, что в формировании ресурсов подземных вод артезианских бассейнов аридной зоны большую роль играет региональный подземный сток с соседних горноскладчатых областей. Установленные закономерности верны и для аридных районов других стран.

Библиогр. 4 назв.

УДК 551.496

Большой Сахарский артезианский бассейн и его гидрогеологическое районирование в пределах Алжира. Голубев С.М., Пантелеев И.Я. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 344-352.

В статье на основе обобщения и анализа сведений о подземных водах с учетом последних данных бурения на воду в Сахаре предлагается первая детальная схема гидрогеологического районирования Большого Сахарского артезианского бассейна. В пределах этого бассейна выделено четыре района первого и 11 районов второго порядка. Порайонная характеристика основных водоносных комплексов дана в сводной таблице.

Илл. 1, табл. 1.

УДК 551.49

Оценка эксплуатационных запасов подземных вод в условиях искусственного восполнения. Бочевер Ф.М., Лапшин Н.Н., Орадовская А.Е. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 353-360.

В статье предлагается общая методика прогноза расхода водозаборов и качества используемых ими подземных вод в условиях искусственного восполнения запасов (ИВЗ). Для оценки эффективности ИВЗ вводятся: 1) коэффициент полезного действия инфильтрационных сооружений, 2) коэффициент эффективности искусственного восполнения всего водозабора в целом.

Предложена методика гидродинамического расчета уровней подземных вод и расхода водозаборных сооружений, учитывающая периодичность инфильтрационного питания.

Илл. 4.

УДК 551.495

О режиме естественного восполнения грунтовых вод в речных долинах аридной зоны. Сычев К.И. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 360-364.

По данным многолетних гидрологических наблюдений была установлена корреляционная зависимость между величиной естественного восполнения грунтовых вод и объемом поверхностного стока, проходящего в период весеннего половодья. Построена также теоретическая кривая обеспеченности среднегодового расхода естественного восполнения запаса грунтовых вод,

на основе которой оценивается оптимальное время сработки емкостных запасов подземных вод.

Илл. 2.

УДК 551.491.4

Геологические условия искусственного восполнения запасов подземных вод в аридных условиях (на примере Средней Азии, Забайкалья и Центральной Якутии). Хордикайнен М.А. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 364.

В статье кратко рассматриваются геологические аспекты возможности искусственного восполнения подземных вод в различных районах СССР. Наиболее благоприятными геологическими условиями для восполнения подземных вод характеризуется горная и предгорная зона Средней Азии, где развиты конуса выноса, предгорные шлейфы и межгорные впадины, выполненные мощными высокопроницаемыми толщами аллювиально-пролювиальных галечников и песков, а также Центрального Казахстана (толщи карстовых известняков и аллювиальные пески речных долин).

Библиогр. 7 назв.

УДК 628.364

Прогноз изменения гидрогеолого-мелиоративных условий территорий Средней Азии, затрагиваемых межбассейновыми переброскими рек. Ходжибаев Н.Н. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 369-372.

Прогноз выполнен на основе специального гидрогеолого-мелиоративного районирования, учитывающего как современную гидрогеологическую обстановку, так и предпосылки ее изменений в ходе водохозяйственной деятельности человека. Главный показатель такого районирования - естественная дренированность территорий.

Проанализирован материал по режиму грунтовых вод новоорошаемых территорий и установлены среднегодовые скорости приращения уровня грунтовых вод.

УДК 551.496

Особенности формирования подземного стока аридных районов восточного побережья Каспийского моря. Джамалов Р.Г., Зекцер И.С., Месхетели А.В. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 372-375.

Восточное побережье Каспийского моря относится к наиболее засушливым районам СССР. Проведенные исследования позволили количественно охарактеризовать величину подземного стока в пределах крупных артезианских структур. Засушливый климат и отсутствие поверхностного стока обусловливают небольшую величину естественных ресурсов подземных вод, разгрузка которых осуществляется в основном за счет процессов перетекания через разделяющие слабопроницаемые слои с последующим испарением.

УДК 628.364

Роль подземных вод в развитии ирригации и дренажа в СССР. Кац Д.М., Богомолов Ю.Г., Желобаев А.А., Сойфер А.М. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 375-379.

В статье рассматриваются мелиоративно-гидрогеологические условия, соответствующие климатическим зонам и крупным геоморфологическим структурным элементам, а также проблема использования подземных вод для развития орошения.

Библиогр. 4 назв.

УДК 551.491.5 + 621.131.1

Гидрогеологические и инженерно-геологические аспекты, методы и некоторые результаты изучения зоны аэрации. Чубаров В.Н., Черняк Г.Я. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 380-386.

Рассмотрена роль зоны аэрации при оценке восполнения подземных вод и их защиты от загрязнения и истощения. Обсуждены особенности изучения зоны аэрации при исследовании относительно медленных процессов масс-энергообмена в этой зоне. Рассмотрен метод изучения процесса водообмена через зону аэрации. Предлагается комплекс методов для гидрогеологического и инженерно-геологического изучения зоны аэрации.

Табл. 1, библиогр. 6 назв.

УДК 551.491.5 + 681.515

Использование гидрогеологических параметров для расчета миграции влаги в зоне аэрации на ЭВМ (на примере Алазанского орошаемого массива). Варазашвили Л.И., Картвелишвили Г.Я. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". Изд-во "Наука", 1976 г., с. 386-391.

Ввиду сложности математических уравнений влагопереноса в зоне аэрации их аналитическое решение весьма затруднительно. Линеаризация уравнения упрощает задачу его интегрирования, но физические допущения при этом сильно схематизируют модель.

Для численного решения задач миграции влаги в зоне аэрации применяется диффузионная модель. Приводятся примеры расчета миграции влаги по указанной выше модели.

Илл. 2, библиогр. 12 назв.

УДК 551.495

К теории фильтрации подземных вод переменной плотности в многопластовых водонапорных системах. Крашин И.И. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 391-396.

Рассматривается фильтрация подземных вод переменной плотности в многопластовой водонапорной системе, представленной чередованием водоносных и слабопроницаемых разделяющих слоев, каждый из которых - некоторая произвольная поверхность. Полученная система уравнений, описывающих фильтрацию воды переменной плотности в указанной многопластовой

системе, позволяет использовать для решения рассматриваемых задач аналоговую и цифровую вычислительную технику.

Библиогр. 3 назв.

УДК 551.491.4 + 681.142.33

Математическое моделирование гидрогеохимических процессов в районах орошения земель аридной зоны. Рудаков В.К. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М.,"Наука", 1976 г., с. 397-401.

Предлагаются новые методы математического моделирования гидрохимических процессов на аналоговых и цифровых вычислительных машинах. Один из этих способов основан на преобразовании исходного дифференциального уравнения, в результате чего конвективный перенос отображается в величинах электрических сопротивлений, другой - осуществляется на бумажных моделях ЭГДА и состоит в отображении конвективного переноса путем задания электрических токов через бумажные реостаты на фрагменты модели.

Предлагается также принципиально новая схема численного прогнозирования гидрохимического режима путем вероятностного моделирования уравнения конвектной диффузии по методу Монте-Карло.

Библиогр. 5 назв.

УДК 551.49 + 628.515

Изменение качества подземных вод и его прогноз на водозаборах аридной зоны и морских побережий. Гольдберг В.М. Сб. "Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны". М., "Наука", 1976 г., с. 401-405.

Интенсивное загрязнение подземных вод промышленными отходами происходит в районах расположения поверхностных хранилищ промышленных отходов. Прогноз изменения качества подземных вод на водозаборах включает оценку размеров области питания водозабора и ее расположения относительно зоны соленых вод, оценку времени подтягивания этих вод к водозабору, расчет смешения на водозаборе пресных и соленых вод и определение времени достижения предельно допустимой минерализации.

Библиогр. 3 назв.

ГЕОЛОГИЯ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

ПРОБЛЕМЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ АРИДНОЙ ЗОНЫ

Утверждено к печати
Национальным комитетом геологов
Советского Союза

Редакторы: Л.Ф. Данкова, Н.Е. Миронова
Художественный редактор С.А. Литвак
Технический редактор Н.А. Посканная

Подписано к печати 4/V- 1976 г. Т-03495
Усл.печ.л. 27 + 0,8 вкл. Уч.-изд.л. 32,1
Формат 60x90 1/16. Бумага офсетная № 1
Тираж 1100 экз. Тип. зак. 967
Цена 3 р. 44 к.

Книга издана офсетным способом

Издательство "Наука, 103717 ГСП,
Москва, К-62, Подсосенский пер., 21
1-я типография издательства "Наука".
199034, Ленинград, В-34, 9-я линия, 12

Зр. 44к.

1678