



ГОРНОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ
КАРСТА НА ЛЕНИНГРАДСКОМ
МЕСТОРОЖДЕНИИ
ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ

Сборник научных статей

Министерство высшего и среднего специального
образования РСФСР

Ленинградский ордена Ленина и ордена Трудового
Красного Знамени горный институт
им. Г. В. Плеханова

551.46

ГОРНОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ КАРСТА
НА ЛЕНИНГРАДСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ
ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ

Сборник научных статей

Ленинград
1973



956

ЭТОТ СБОРНИК ПОСВЯЩАЕТСЯ СВЕТЛОЙ ПАМЯТИ
НИКОЛАЯ ГЕОРГИЕВИЧА ПАУКЕРА

УДК 551.44:622

Основной причиной, усложняющей горногеологические условия разработки Ленинградского месторождения горючих сланцев, является закарстованность сланцевой толщи. В 1965-1967 гг. несколькими кафедрами Ленинградского горного института под руководством Н.Г. Паукера произведено комплексное изучение карстопроявлений на месторождении с использованием геологических, геохимических, гидрогеологических, геофизических и других методов исследований.

На основе этих работ дана геологическая характеристика сланцевой толщи и карстовых нарушений; выявлены показатели, характеризующие отдельные зоны нарушений, горногеологические факторы, влияющие на разработку месторождения; предложена типизация карстовых нарушений и пути их выявления с поверхности и из горных выработок.

Статья Н.А. Маринова и Н.И. Толстякина имеет более общий характер и дает возможность сравнить масштабы водопровявлений на Ленинградском месторождении горючих сланцев с дебитом крупных источников других районов.

Редакционная коллегия

Чл.-корр. АН СССР П.М. Татаринов, профессора Б.А. Алферов, А.С. Голиков, Б.Б. Евангулов, А.Е. Карякин, А.А. Логачев, Е.О. Погребницкий, Н.И. Толстякин, доц. Ю.Н. Капков.

Научные редакторы доц. А.И. Коротков и проф. Н.И. Толстякин

Н.А.Маринов, Н.И.Толстихин

МОЩНЫЕ КАРСТОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ЕБРАЗИИ

Слово "источник" — древнее русское слово. Оно означает место истечения подземной воды на поверхность земли, к, одновременно, исток поверхностной воды — ручья, реки. Нередко исток реки начинается от источников. В научную литературу этот термин прочно вошел еще в прошлом столетии, а в учебники в первую половину текущего. Термин источник хорошо известен за рубежом. Наряду с термином источник начинает входить в научную литературу термин "родник". Это тоже древнее русское слово. Оно означает место, где вода выходит из-под земли на поверхность или, иными словами, место, где рождается вода. Если термин источник применяется для выхода любой воды — пресной, минеральной, термальной, то термин родник используется преимущественно для обозначения естественных выходов пресной воды.

Основы классификации источников по дебиту были заложены в 1923 г. О.Е.Мейнцером. Однако О.Мейнцер приводит дебит в американских единицах измерения, что представляет известные неудобства. В переводе книги О.Мейнцера на русский язык Н.Н. Славянов предложил классификацию источников по дебиту в метрической системе [8]. М.М.Васильевский, П.И.Желтов и Н.Ф. Погребов [3] в 1939 г. разделяли источники на малые, средние и большие, с дебитом соответственно менее 1, от 1 до 10 и свыше 10 л/сек. Вопросами классификации источников по дебиту много занимался И.К.Зайцев. В 1945 г. [6] он предложил разделять породы, исходя из дебита водоупунктов на: 1) практически безводные,

с дебитом водопунктов менее 0,01 л/сек; 2) водоносные (0,01 - 0,1 л/сек); 3) слабо водообильные (0,1 - 1 л/сек); 4) водообильные (1 - 10 л/сек); 5) сильно водообильные (более 10 л/сек).

Такое же подразделение сохранилось им в 1957 и в 1961 гг.

В разное время были предложены и другие классификации источников по дебиту. Предложенная Н.Н.Славяновым классификация была принята и усовершенствована в 1962 г. Г.А.Максимовичем [8]. В предлагаемой нами классификации, согласно с М.М. Васильевским, Н.Ф.Погребовым и П.И.Желтовым, выделены три типа источников: I-малодебитные (менее 1 л/сек); II - среднедебитные (1 - 10 л/сек); III - высокодебитные (более 10 л/сек). Типы подразделяются на классы по возрастанию дебита. Как видно из приведенной классификации, к первому типу относятся источники первого - четвертого классов^{х)}, ко второму - пятого класса и к третьему - шестого - десятого классов. Некоторые классы при необходимости можно разделить на подклассы.

Классификация источников по дебиту
1971 г.

Тип	Класс	Название по дебиту	Дебит, л/сек
I	1	Наименьшие	меньше 0,001
	2	Весьма малые	0,001 - 0,01
	3	Малые	0,01 - 0,1
	4	Незначительные	0,1 - 1,0
II	5	Значительные	1,0 - 10,0
III	6	Весьма значительные	10,0 - 100
	7	Большие	100 - 1000
	8	Очень большие	1000 - 10000
	9	Исключительно большие	10000 - 100000
	10	Наибольшие	свыше 100000

х) По И.К.Зайцеву [6].

Подземная вода может выходить сосредоточенной струей в одной головке или вытекать из многих головок, расположенных в одной родниковой воронке. Это позволяет различать одноглавые и многоглавые воронки. Но в природе наблюдаются и рассредоточенные выходы подземных вод, в совокупности выбрасывающие значительные по объему массы воды. По литературным данным далеко не всегда можно составить представление о конкретных условиях выхода подземной воды, поэтому в настоящей статье не всегда приводятся указания о характере выхода и условиях замера дебита источников. Обычно при оценке высокодебитных источников дается суммарный их дебит; где возможно, отмечается дебит отдельных струй. В большинстве случаев приводятся данные по единичным замерам дебита, крайне редко — по данным режимных наблюдений.

Физико-географические условия и геологическое строение Евразии обуславливают чрезвычайно неравномерное распределение И^х) и большое разнообразие их дебита.

Малодебитные И встречаются часто, высокодебитные — сравнительно редко. Из них И десятого класса исчисляются единицами. Наиболее высокая плотность приходится на сильнорасчлененные и хорошо орошаемые атмосферными осадками горноскладчатые районы. Сюда относятся районы тихоокеанских островных дуг, значительная часть восточного побережья Азии от побережья Охотского моря на севере до гор Южного Китая, горные районы Индокитайского полуострова, Индии, Пакистана, прибрежные районы Афганистана, Ирана, юг Европы. Количество И на равнинной территории северной Евразии заметно сокращается; особенно мало их во внутренних степных, пустынных, бессточных аридных районах.

В ы с о к о д е б и т н ы е и с т о ч н и к и

А з и к . В Восточно-Сибирской артезианской области [5, т. XIX] на севере Азии известно несколько больших И седьмого класса. Так, из туфобрекчий, туфоконгломератов, туфопесчаников нижнего триаса Тунгусского артезианского бассейна известны И с

х) И — здесь и далее источник, источники.

дебитом 120 – 180 л/сек, а группа И на р.Малой Ереме – до 2000 л/сек (восьмой класс). В Ангаро–Ленском артезианском бассейне из силурийских песчаников у д.Зарубино на берегу р.Илим известны отдельные И с дебитом 100–150 л/сек. Из песчаников ордовика в долине р.Вихоревой вытекает И с дебитом 200 л/сек. Из песчаников нижнего ордовика на берегу р.Ангары у д.Карахун бьет И с дебитом в 450 л/сек. На Ангаро–Окинском междуречье известны И с дебитом в 160–230 л/сек, приуроченные к карбонатным породам ордовика, а к карбонатным породам кембрия – несколько больших И с дебитом 100–225 л/сек. Из доломитов нижнего кембрия в долине р.Бирюсы вытекают Соляновские И с дебитом в 377 л/сек с минерализацией до 5 г/л.

В Якутском артезианском бассейне известен И Улахан–Тарын с дебитом в 160–180 л/сек, вытекающий из песчаных отложений правобережной террасы р.Лены в окрестностях г.Якутска. По рекам Бирик и Нья (притоки Лены) к известнякам ордовика приурочены И с дебитом до 200 л/сек. С карбонатными породами протерозоя Саяно–Байкальской области связаны И с дебитом в 230–340 л/сек [5, т. XX].

Очень большие Тимптонские И, относящиеся к классу 8, известны на юге Якутии [5, т. XX]. Их дебит 6–10 м³/сек, а дебит отдельных струй до 1,6 м³/сек. По величине дебита они являются крупнейшими в Сибири. Тимптонские И приурочены к крупному разлому, секущему на юге Чульманский адартезианский бассейн и отводящему подземные воды бассейна через приконтактную зону юрских терригенных отложений с кристаллическими породами архея [4] в русло р.Тимптон. В Аямо–Майском районе Хабаровского края в окрестностях пос.Маар–Кюель, по А.Потапову и Н.Дубровной, известен карстовый И с дебитом до 6 м³/сек, вытекающий в карстовую долину из кембрийских отложений (апрель 1970 г.). Дебит того же И в сентябре составлял 10,5, а в июне того же года, визуально, до 15 м³/сек. Это второй крупнейший И Сибири.

В Верхояно–Колымской гидрогеологической области необходимо отметить И Тарын–Юрях в долине р.Момы с дебитом 360–1200 л/сек, И Момский Улахан–Тарын с дебитом свыше 10,0 м³/сек. Оба И приурочены к аллювиальным отложениям, вложенным в терри-

генные породы мелового возраста. К Охотско-Чукотскому вулканогенному поясу приурочены И в бассейне рек Кудусун и Лабынкыр с дебитом 1400–1600 л/сек (восьмой класс). В бассейне р. Индигирки на территории развития терригенных отложений юры и триаса вытекают многодебитные И с дебитом до 400 л/сек [5, т. XX]. В бассейне р. Большой Ануй И с дебитом в 330–1485 л/сек питают наледь. Кыра-Нехаранская наледь питается И с дебитом до 1 м³/сек [4].

На территории Гармычинского хребта и смежных впадин известно несколько И седьмого класса с дебитом 130–330 л/сек, приуроченных к терригенно-карбонатным отложениям девонского возраста. Для гидрогеологического массива хребта Черского отмечаются очень большие, восьмого класса И: Ойегордахский, с дебитом 1400 и Лагерный с дебитом до 1510 л/сек, приуроченные к терригенно-карбонатным породам нижнего палеозоя. В юго-западном Верхоянье известны большие И с дебитом в 100–650 л/сек в пределах нижнего палеозоя. Дебит большинства И Северо-Востока подсчитан по величине наледей [5, т. XX].

на юге Бурятии из закарстованных карбонатных пород кембрийского возраста вытекают И с дебитом в 100–335 л/сек. В пределах Икатского хребта, в районе Казачьей поляны, из закарстованных карбонатных пород выходит карстовая река Икат с расходом до 1730 л/сек (восьмой класс). По левобережью р. Карги известны большие карстовые И седьмого класса. В Восточно-Саянской области долины р. Боксон к кембрийским доломитам приурочены И с переменным дебитом от 44 (март – апрель) до 335 л/сек (август–сентябрь), а к долине р. Ботогол – карстовые И с дебитом до 154 л/сек. У подошвы Тункинских Альп из закарстованных известняков протерозоя вытекает И с дебитом в 340 л/сек. Хамар-Дабанский гидрогеологический массив характеризуется наличием карстовых бассейнов, питающих большие И с дебитом до 100–300 л/сек [5, т. XXII].

В Читинской области по р. Чине известны большие И седьмого класса с дебитом в 250 л/сек, приуроченные к песчаникам додемерия [5, т. XXI].

По Р. Я. Колдышевой и К. А. Чернявской, на склоне хребта Удо-

кан в среднем течении р.Мурурин находится источник с дебитом 260-270 л/сек. Весьма значительные И (шестого класса) нередко встречаются в Верхне-Чарском артезианском бассейне и его горном обрамлении. На юге Дальнего Востока известны карстовые И восьмого класса.

Очень большие И с дебитом до 4 м³/сек (восьмого класса) приурочены к вулканогенным супербассейнам Камчатки, сложенным кайнозойскими эффузивами. Наиболее крупные вытекают из лавовых потоков, заполняющих долины рек, в частности р.Опалы.

Изредка встречаются И седьмого и восьмого классов в Средней Азии и Южном Казахстане. В Ферганском артезианском бассейне вблизи г.Коканда И конуса выноса характеризуются дебитом свыше 1000 л/сек. В пределах Нуратинского и Зеравшанского хребтов известны карстовые И с дебитом 700-885-1400 л/сек. У северной подошвы Джунгарского Алатау И с дебитом в 100-300-1000 л/сек вытекают из конусов выноса. С карстовыми бассейнами Центрального Казахстана связаны И с дебитом до 140 л/сек (шестой, седьмой класс) [5, т. XXXIY].

К внешней области питания Нарынского артезианского бассейна (Тянь-Шань) приурочены карстовые И с дебитом 100-200-3000 л/сек, вытекающие из карбонатных пород среднего палеозоя, к зонам тектонических нарушений - И с дебитом в 200-300 л/сек.

В Монгольской Народной Республике в зонах тектонических нарушений бассейна оз.Убсу-Нур известны И с дебитом от 50 до 119 л/сек.

Несколько мощных И вытекают из закарстованных известняков пермо-триаса в Ирано-Афганском гидрогеологическом районе. В среднем течении р.Гильменд их дебит 3000-7200 л/сек. И Кханак с дебитом в 324 л/сек вблизи г.Кветта вытекает из зоны разлома в юрских известняках. В районе г.Нушки из сбросов в песчаниках и глинистых сланцах вытекают И с суммарным дебитом в 450 л/сек. У северо-восточного подножья горы Тефтан, сложенной базальтами, близ пос.Ладиз есть И с суммарным дебитом около 1700 л/сек. В Верхне-Амударьинском (Афгано-Таджикском) артезианском бассейне, в долинах рек Балх и Дарья-Сиах известны большие, с дебитом до 308, и очень большие, с деби-

том в 1520–3300 л/сек И.

На восточных и южных окраинах Азии и окружающих ее островных дугах высокими дебитами характеризуются И, вытекающие на периферии конусов современных вулканов. Суммарный дебит И на периферии известного вулкана Фудзи (Япония) достигает 45 м³/сек. И Умбулан у подножья вулкана Тенгер и очень большой И Рогоджалу, у подножья вулкана Ламанган имеют соответственно дебиты 3700 и 2500 л/сек.

В тропической зоне на южной Яве (южнее г. Джокьякарты) известны очень большие И, питающиеся водами закарстованных известняков миоцена с дебитом несколько м³/сек (восьмой класс). К западу от них в массиве Каранболог имеются И с дебитом до 150 л/сек.

На территории Северо-Китайского артезианского бассейна известно много высокодебитных И, приуроченных к известнякам ордовика. В районе пос. Уань насчитывается около 30 И с суммарным дебитом до 9000 л/сек. Дебит отдельных И – 1000–1500 л/сек. В районе г. Цзиннани карстовые И имеют дебит 2300–5000 л³/сек.

В Яньбейском (Датунском) артезианском бассейне, в местности, расположенной между горой Хуншоушань и равниной уезда Шосянь, из ордовикских известняков вытекают карстовые И Сымпо и Шеньтоу с дебитами соответственно 6250 и 1700 л/сек. В южном Китае на территории Гуанси-Гуйчжоуского артезианского бассейна большие И вытекают из известняков триаса. Их дебит на участке Сяолунь-Тань 500–1000 и близ г. Гэцзю до 150 л/сек.

В Северном Вьетнаме карстовые И с дебитом в 700–900 л/сек приурочены к известнякам палеозоя и триаса. В Бирме в районе городов Хохоу, Лоуксак дебиты И, вытекающих из карбонатных пород ордовика, силура, девона и карбона, составляют до 1000 л/сек. В Индском артезианском бассейне известны И, приуроченные к разломам в песчанико-сланцево-известняковой толще триаса /?/ и мела с дебитом около 100, из них Патанкотские И – 180 л/сек.

На юге Аравийского полуострова располагается Оманский артезианский бассейн, открытый в сторону Индийского океана. Здесь в окрестностях городов Анджира, Хуздар, Тур-Гази из-

вестны карстовые И с дебитом до 200 л/сек и более. На Бахрейнских островах Персидского залива из доломитов и известняков палеогена вытекают И с дебитом до 400 л/сек. В оазисе Эль-Катиф известно 162 И с суммарным дебитом 12400 л/сек; дебиты некоторых из них достигают 1700 л/сек.

В хребте Тувайк на Аравийском полуострове откачка воды из карстовых воронок Айн-Дила, Айн-Самха и Кхафе-Дагра, приуроченных к верхнеюрским нижнемеловым известнякам, дала соответственно притоки в 730, 400 и 240-315 л/сек.

Аравийско-Месопотамская система артезианских бассейнов характеризуется большими И. Возле г.Килис из палеогеновых известняков вытекают И с дебитом 528 л/сек. Карстовый И Рас-Эль-Дин имеет минимальный дебит в 40 м³/сек и относится к девятому классу. На южных склонах хребта Джебель-Миндjar в окрестностях некоторых городов (Шитатн, Хит и др.) и в долине Евфрата имеются карстовые И, вытекающие из неогеновых известняков. Дебит их до 500 л/сек. В южной Анатолии несколько крупнодебитных карстовых И используется для водоснабжения городов Бор и Касклынары. Один из них - Аджигель имеет дебит 200, второй - 300 л/сек [10]. Близ оз.Карамык дебит И 100-1200 л/сек. К северу от Гельчук находится И с дебитом 100 л/сек, вытекающий из кайнозойских вулканических брекчий. В районе г.Эргели на контакте известняков с метаморфическими породами находится группа И с общим дебитом 600 л/сек. Близ г. Динар известен И с дебитом 83 л/сек, приуроченный к разлому в юрско-меловых известняках. В карстовых районах Эльмалы, Сегют, Гембос (Анатолия) известны многочисленные И с дебитами до 2000-3000 л/сек.

Большие И с дебитом до 300 л/сек, приуроченные к карстовым бассейнам палеогеновых и неогеновых известняков и конгломератов, встречаются на севере Турции в районе р.Сакарья, деревень Катерлы, Кюртасныр, Озун-Бей, Сак-Уджаги и Наджи-факы.

В пределах СССР около сорока И седьмого и одиннадцать И восьмого класса известны в Армении. Из них к наиболее крупным по дебиту относятся: Карасухнапюрские - 1700, Гарни-Гохтс-

кие - 1900, Арзниинские и Алапирские - 1400, Ярузлу-Карчах-пурские 1500, Чахру-Вкунские - 2300, Шакинские - 1500 л/сек; к самым крупным И девятого класса относятся Севджуро-Мецаморские с дебитом порядка $20 \text{ м}^3/\text{сек}$. Большинство из них приурочено к вулканогенным супербассейнам Армянской вулканической области [5, т. XI]. В Азербайджане имеется всего лишь несколько больших И седьмого класса [5, т. XII].

В Рионском артезианском бассейне Грузии известны весьма значительные и большие карстовые И с дебитом до 100 л/сек, вытекающие из прскотеловых известняков [5, т. X]. В долине р. Араги источники восьмого класса вытекают из аллювиальных песчано-гравийно-галечных отложений мощностью 3-6 м, из них Булачаурский с дебитом $1,5 \text{ м}^3/\text{сек}$. На Ахалкалакском лавовом нагорье к глибовым образованиям молодых лав среднечетвертичного и верхнеплиоценового возраста приурочены Абларские источники с дебитом более $1 \text{ м}^3/\text{сек}$ (восьмой класс). К покровам лав мощностью 1000 и более метров приурочены многие другие И седьмого и восьмого классов. Из них крупнейшие Самсар и Дабашские с дебитом соответственно 2,3 и $3,5 \text{ м}^3/\text{сек}$. Решающим условием формирования высокодебитных И в лавовых покровах Грузии и Армении является вогнутая форма водоупорного ложа, способствующая накоплению и стоку подземных вод вулканогенных бассейнов. К более древним - нижнеплиоценово-миоценовым вулканогенно-континентальным отложениям Грузии приурочены источники шестого класса.

Многочисленные карстовые И Грузии, связанные с меловыми отложениями, относятся по дебиту к шестому и седьмому классам. Сравнительно редко встречаются И восьмого класса. Среди них нужно отметить Голубое озеро Гагринского района - И с дебитом $1,5 \text{ м}^3/\text{сек}$. В том же Гагринском районе известен И Репруа с дебитом 600-1500 л/сек [5, т. X]. В Сочинском артезианском бассейне субаквальный И имеет дебит до 300 л/сек.

На Северном Кавказе И - озеро Церик-Кель - характеризуется дебитом $0,9-8 \text{ м}^3/\text{сек}$. Все остальные многодебитные И Северного Кавказа [5, т. IX] относятся к шестому и седьмому классам.

Высокодебитные источники Европы, включая Урал. В пределах Уральской гидрогеологической складчатой области известно примерно 50 И седьмого и 10 И восьмого классов [1]. К последним относятся И Шумиха на р. Ай с дебитом 3, И Кипертско-Суксунского понижения - 1, р. Косвы - 3,5, И "Вынрок" - свыше 1, И рч. Шемаха - до 1, И с. Большие Ключи в долине р. Иргина - до 2, И возле устья р. Кутим - 2,05, Сарвинское Карстовое озеро - свыше 0,4 в межень, И "Талица" на р. Ивдель - 1,57-2 м³/сек и другие. К исключительно большим девятого класса И относятся "Красный Ключ" в долине р. Уфы с дебитом 7-18 м³/сек (весной 30-52 м³/сек) [1,7].

В пределах Восточно-Европейской артезианской области и к югу от нее преобладают И малodeбитные, а также пятого, редко шестого классов. Источники седьмого класса составляют исключение: карстовые И среднего течения Онеги с дебитами 100-600 л/сек, И "Зеленый ключ", выходящий в устье р. Южута, с дебитом до 1 м³/сек (связан с казанскими отложениями). Только в Крымской карстовой области известны единичные И восьмого и девятого классов.

В зарубежных странах Европы многодебитные И сосредоточены преимущественно на юге, в районах развития карста. В Болгарии 135 карстовых бассейнов питают многочисленные разнodeбитные И, из них к седьмому классу можно отнести 19 И, а к восьмому - 12. Самые крупные Девенские И и Глава Панега с дебитами соответственно 4 и 3 м³/сек. На основании восьмилетних наблюдений режим Искрецкого карстового источника в Болгарии характеризуется широким диапазоном изменений дебита - от 260 до 33900 л/сек [11]. Класс источника изменяется от седьмого до девятого. Два крупнейших карстовых источника Болгарии - Глава Панега и Топля тоже значительно меняют свой дебит соответственно 725-20420 л/сек и 60-14600 л/сек. Первый из них относится к седьмому - девятому, а второй к шестому - девятому классу [12].

В Югославии известно много карстовых И до девятого класса включительно. Из них И Тимаво в Динарской карстовой об-

ласти имеет дебит до $26 \text{ м}^3/\text{сек}$. И "Обод" работает как эста-велла: зимний его дебит до $60 \text{ м}^3/\text{сек}$, в сухое время года он поглощает воду. Мощный карстовый И, дающий начало р. Омбла, находится на сбросе, отделяющем эоценовый флиш от нижнеюрских известняков. Расход р. Омбла, питающейся карстовыми И, от 4 до $140 \text{ м}^3/\text{сек}$. Исчезающую карстовую р. Требишницу питает И со средним дебитом $40 \text{ м}^3/\text{сек}$. Имеются в Югославии и другие очень большие И с дебитом $1-4 \text{ м}^3/\text{сек}$. Многоводные карстовые реки Югославии характеризуются расходами: р. Цетина в нижнем течении — 107 , р. Нерета (Герцеговина) — до $370 \text{ м}^3/\text{сек}$ [7].

В Чехословакии известны карстовые И шестого и седьмого классов. В Австрии И Кайзербруннен с дебитом от 233 до 2046 л/сек вытекает из триасовых известняков. В Апулии (Италия) карстовые И имеют дебит от 4,5 до $5,5 \text{ м}^3/\text{сек}$. В ФРГ дебит Аахенского И в Бадене, вытекающего из Белой Юры, в среднем равен $6 \text{ м}^3/\text{сек}$, с отклонениями от 2,5 до $25 \text{ м}^3/\text{сек}$. Источник Блаутпф [7] характеризуется дебитом в $25-20 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Наибольший И Франции Воклюз — со средним дебитом $17 \text{ м}^3/\text{сек}$, при колебаниях от 6 до $152 \text{ м}^3/\text{сек}$. И Бурнильон в северных Предальпах имеет средний дебит 7, максимальный — свыше $40 \text{ м}^3/\text{сек}$. К источникам девятого класса относятся: Тувр с дебитом $1-12 - 40 \text{ м}^3/\text{сек}$; Левек — $4-6 - 14,7 \text{ м}^3/\text{сек}$; Жильярд — $2-12 \text{ м}^3/\text{сек}$. [7,8].

Таким образом, карстовые И Франции и Югославии являются наиболее высокодебитными в Европе. По условиям выхода на поверхность можно выделить пять типов высокодебитных источников.

1. Источники крупных бассейнов трещинно-карстовых вод. Среди них встречаются самые большие И девятого и десятого классов. Особенно благоприятные условия для проявления подобных И создаются при наличии активных разломов в карстующихся породах.

2. И мощных кайнозойских вулканогенных супербассейнов. Среди И этих бассейнов встречаются И восьмого и девятого классов. Особенно благоприятные условия для сосредоточенного выхода И создаются при перекрытии вулканическими породами отрицательных элементов рельефа — погребенных долин.

3. Источники больших бассейнов подрусовых вод горных районов в области развития мерзлой зоны на Северо-Востоке СССР, благоприятные условия — при наличии многометровой хорошо фильтрующей толщи гравийно-галечных отложений. К данному типу относятся И седьмого и восьмого классов.

4. И крупных конусов выноса, сложенных гравийно-галечными отложениями в предгорных районах, среди них типичны И шестого и седьмого классов, изредка встречаются И восьмого класса.

5. Источники крупных зон активных разломов. К этому типу относятся источники шестого, седьмого и восьмого классов, а в редких случаях и девятого класса. Особенно крупные И приурочены к разломам, вскрывающим карстовые или артезианские бассейны и отводящие подземные воды в дренирующую речную сеть. Сюда же относятся разломы в ядрах антиклинальных складок платформенного типа, вскрывающие серию водообильных водоносных горизонтов артезианских бассейнов и отводящие их воды в речные долины.

Наиболее благоприятные условия питания создаются: в районах, изобилующих атмосферными осадками, на участках поглощения речных вод закарстованными породами и в вершинах конусов выноса.

Режим высокодебитных источников, по немногим данным многолетних наблюдений, характеризуется непостоянством и широким диапазоном изменений. Для источников карстовых областей и вулканогенных бассейнов он обусловлен гидрогеологическими и климатическими условиями, для источников подрусовых вод северо-востока СССР связан с ходом зимнего примерзания, гидрологическими и метеорологическими условиями, для источников конусов выноса — с гидрологическими особенностями.

Высокодебитные источники представляют большое национальное богатство. Вода многих из них используется для водоснабжения, орошения, в энергетических целях и т.п. Для Советского Союза необходимо составить кадастр этих источников, обеспечить их охрану, а на некоторых из них установить режимные наблюдения.

Литература

1. Буданов Н.Д. Гидрогеология Урала. "Наука", 1964.
2. Васильевский М.М. и Бутов П.И. Материалы по методике составления гидрогеологических карт. ОНТИ НКТП СССР, 1937.
3. Васильевский М.М., Желтов П.И., Погребов Н.Ф. Методика общего гидрогеологического картирования. ГОНТИ, 1939.
4. Вельмина Н.А. Особенности гидрогеологии мерзлой зоны литосферы. "Недра", 1970.
5. Гидрогеология СССР. "Недра", 1966-1971.
6. Зайцев И.К. Методика составления сводных гидрогеологических карт. Госгеолиздат, 1945.
7. Максимович Г.А. Основы карстования. Ч.1, Пермское кн. изд-во, 1963; Ч.П, Пермское кн. изд-во, 1969.
8. Максимович Г.А. Классификация родников по дебиту и карстовые источники. Уч.зап. Пермского ун-та, т.ХХIV, вып.3, 1962.
9. Мейцнер О.Э. Гидрогеологические понятия, определения и термины. Госгеолиздат, 1933.
10. Фюрон Р. Введение в геологию Турции. ИЛ, 1955.
11. Ботева К. и Райкова Бл. Върху режима на големите карстови извори Искрецкия карстов извор. Хидрология и Метеорология, 1968, кн.6, София.
12. Ботева К. и Райкова Бл. Върху режима на големите карстови извори в горното течение р.Вит. Хидрология и метеорология, 1970, кн.3. София.

Г.А.Данилова, Г.П.Дубарь,
В.В.Кирикков, Н.Ф.Майоров

СЛАНЦЕНОСНАЯ ТОЛЩА И ГЕОЛОГИЯ КАРСТА ЛЕНИНГРАДСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ

К р а т к а я г е о л о г и ч е с к а я х а р а к -
т е р и с т и к а . Ленинградское месторождение горючих сланцев расположено в восточной части Прибалтийского сланцевого бассейна. Район сложен породами верхнего протерозоя, нижнего и среднего кембрия, нижнего, среднего и верхнего ордовика и среднего девона, залегающими с очень пологим уклоном (до 15 мин.) на юго-восток. Общая мощность осадочной толщи достигает 350-360 м.

Слой горючего сланца залегают в таллинском, кукерском и идаверском горизонтах среднего ордовика. Промышленный пласт горючих сланцев нижней части кукерского горизонта имеет сложное строение (рис.1). Общая мощность промышленного пласта колеблется в пределах 1,79-2,02 м, чистого горючего сланца - 1,00-1,25 м.

Характерной чертой месторождения является выдержанность по составу и мощности слоев горючего сланца и вмещающей толщи.

Вся толща карбонатных пород ордовика и подстилающих отложений рассечена двумя основными системами тектонических нарушений - древними трещинами северо-восточного и более молодыми - северо-западного простирания. С трещинами северо-восточного простирания связаны кластические дайки - трещины-жилы, секущие толщу ордовика, и многообразные проявления древнего карста (рис.2).

Шахта
им. Кирова

Шахты

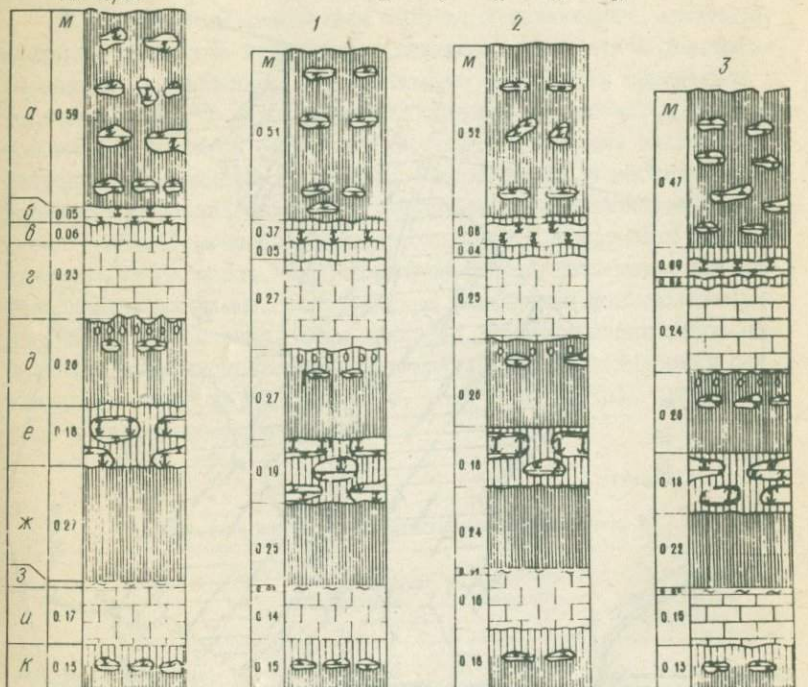


Рис.1. Разрез промышленного пласта горючих сланцев Ленинградского месторождения:

а - горючий сланец - 1-й рабочий слой; б - известняк розовый, глинисто-сапропелевый, верхняя часть "двойной плиты"; в - сланец горючий глинистый; г - известняк серый - нижняя часть "двойной плиты"; д - сланец горючий - 2-й рабочий слой; е - известняк розовый "кулак"; ж - сланец горючий - 3-й рабочий слой; з - глина синяя или коричневая; и - известняк "синоха"; к - сланец горючий - 4-й рабочий слой

Литология сланценосной толщи.

В пределах кукерского горизонта сланценосная толща состоит, в основном, из ритмично чередующихся органических карбонатных пород с различным содержанием карбонатов, терригенного и органического



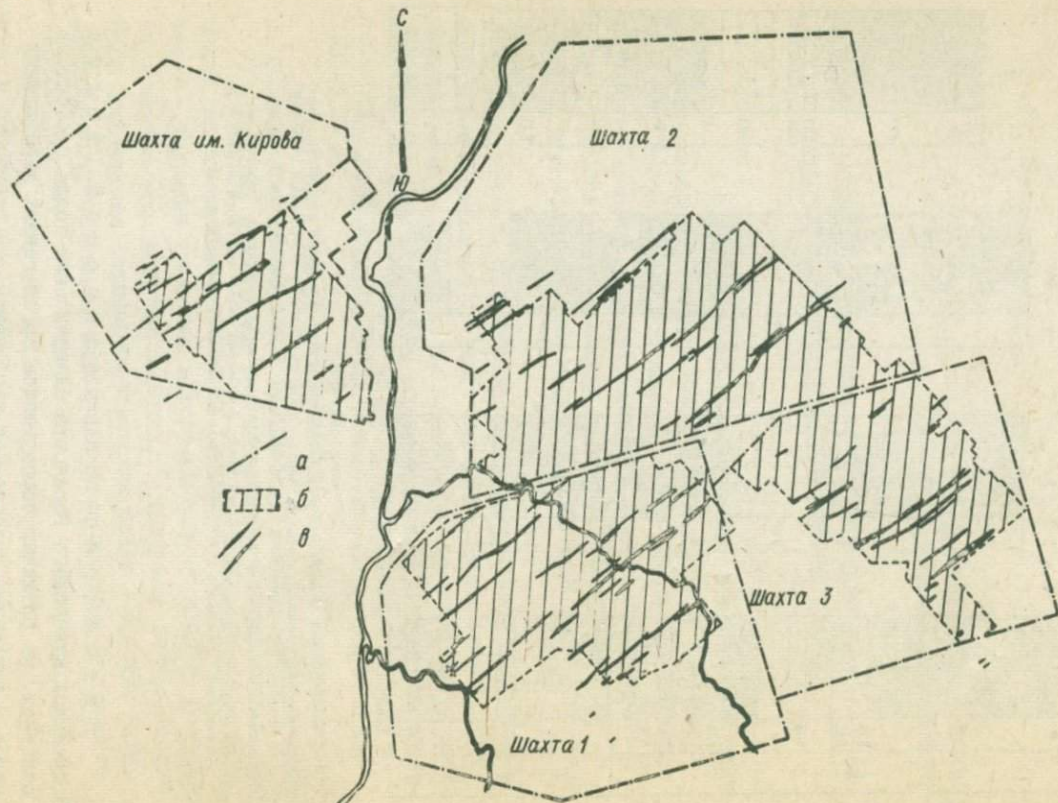


Рис.2. План сланцевого месторождения: а - границы шахтных полей; б - отработанная площадь по состоянию на 1/1 1967 г.; в - основные карстовые нарушения на отработанной площади.

ногенного (керогенного) материала и в меньшей степени из образований собственно горючего сланца.

К карбонатным отложениям относятся известняки, доломиты, мергели, глинистые известняки, глинистые доломиты и доломитизированные известняки. К сапропелевым отложениям причисляют горючие сланцы, к терригенно-карбонатным — мергели, доломитизированные мергели. К смешанным карбонатным породам относятся сапропелево-глинистые и глинисто-сапропелевые известняки и их доломитизированные аналоги. Предлагаемая классификационная схема (табл.1) основана на макроскопически выделяемых литологических типах пород, характеризующихся определенными литологическими признаками, связанными с различными фациальными условиями их накопления. Весь диапазон литологических типов определяется соотношением и величиной трех генетических составляющих: карбонатов (кальцита, реже — доломита), органического и терригенного материала.

Таблица 1

Типизация сапропелево-глинисто-карбонатных пород, %^{х)}

Породы	Кальцит, реже доломит	Обломочный материал	Сапропелевое органическое вещество
Мергель (реже глина)	60	40	0
Известняк глинистый	75	20	5
Горючий сланец глинистый	45	40	15
Горючий сланец (кукерсит)	40	25	35
Известняк глинисто-сапропелевый розовый	75	15	10
Известняк сапропелево-глинистый серый	80	15	5

Перечисленные породы слагают нормальный разрез кукуерского горизонта, не подверженный действию карстообразующих процессов. Исключением являются породы, залегающие в зонах кар-

х) Приводятся усредненные значения компонентного состава пород.

товых нарушений, где отложения были подвергнуты более позднему процессу метасоматического замещения (доломитизации и пр.), окисления и выщелачивания с образованием вторичных измененных пород.

Содержание доломита в породах неизмененного (нормального) разреза кукерского горизонта не превышает 20%, в породах связанных с измененными карстом участками, как правило, намного выше. При литологической характеристике измененных пород, подвергшихся карстовому метасоматозу, используется термин доломитизированный. Например, доломитизированный известняк, доломитизированный горючий сланец и т.д.

Г о р ю ч и й с л а н е ц (кукерсит) слагает основные слои промышленного пласта и тонкие нерабочие прослои, наблюдающиеся по всему разрезу кукерского горизонта. Сланец коричневый, различных оттенков и густоты, с горизонтальной слабоволнистой или скрытой горизонтальной слоистостью за счет мелких фаунистических остатков (более светлых) и сапропелевой органики. Нередко слоистость нарушена следами ползания илоедов, особенно на контактах с выщелачиваемыми породами.

Конкреционные стяжения, часто наблюдаемые в кукерсите, представлены известняками глинисто-сапропелевыми розовыми, — следующих размеров: длина до 40-50, высота и ширина до 10-15 см. Наиболее характерны уплощенные конкреционные формы с четко выраженными границами, ориентированные по наслению. Часто отмечается обтекание конкреционных тел слюйками и веществом сланцев. Изредка наблюдаются протыкающие слои конкреции неправильной формы (высота превышает длину и ширину). Они приурочены к середине наиболее мощных слоев кукерсита. В некоторых случаях конкреции образуют целые слои с извилистыми контактами (например, известняк "кулак", ритм 2). В конкрециях часто наблюдаются центры кристаллизации в виде остатков фауны. Количество конкреций обычно увеличивается к верхней части слоя, реже — к основанию (табл.2)

Контакты кукерсита с вмещающими породами часто неровные, извилистые, со следами сингенетического растворения, размывов и ползания илоедов (например, контакт известняка "двойной пли-

Таблица 2

Содержание конкреций в слоях промышленного пласта
и в непосредственной кровле (в объемных процентах)

Слой промышленного пласта	Содержание конкреций в выработках шахт			среднее по место- рождению	
	им.С.М. Кирова	1	2		3
Ложная кровля	43,5	43,0	45,5	45,5	44,5
Рабочий слой горючего сланца					
первый	19,2	16,9	16,9	16,7	17,0
второй		6,1	6,5	5,1	5,5

ты" и второго рабочего слоя сланца). В разрезе и по простиранию кукурсит переходит чаще всего в глинистый горючий сланец и известняк розовый глинисто-сапропелевый, реже — в известняк серый монолитный.

Глинистый горючий сланец по внешнему виду отличается от кукурсита более темным цветом (грязно-коричневый или серый). При известном навыке можно визуально выделить сильно или слабо глинистые горючие сланцы. В пределах слоя глинистость горючего сланца, как правило, увеличивается снизу вверх. Все литологические признаки, отмеченные для кукурситов, справедливы и для глинистых горючих сланцев, исключение составляют их текстурные и конкреционные особенности. В текстурном рисунке горючих сланцев наблюдается мелкая волнистая и лизовидная слоистость, иногда прерывистая, обусловленная неравномерным скоплением органического и терригенного материала. Увеличение последнего придает породе грязновато-серый оттенок. Конкреционные стяжения известняка глинисто-сапропелевого бледно-розового имеют уплощенную форму и встречаются в описываемой породе повсеместно; они мелкие и весьма обильны, иногда буквально переполняют весь слой, например, верх ложной кровли. Конкреции имеют нечеткие, расплывчатые контакты на границе с вмещающими породами, размеры их не превышают нескольких сантиметров. В разрезе слоев глинистых горючих сланцев, по направлению от подошвы к кровле наблюдается: 1) увеличение

количества конкреционных включения при уменьшении их размеров, 2) уменьшение четкости границ конкреций на контакте со сланцем; 3) уменьшение интенсивности цвета конкреций.

Контакты слоев глинистых горючих сланцев часто неровные. Глинистый горючий сланец отличается от кукерсита большим количеством терригенного материала и карбонатов и меньшим содержанием органического вещества. По простиранию глинистый горючий сланец обычно переходит в кукерсит или мергель. Иногда над глинистым горючим сланцем залегает серый известняк. Местные геологи называют эти породы мергелистыми горючими сланцами.

Горючие сланцы по вещественному составу разделяются на карбонатные и глинисто-карбонатные, соответствующие кукерситам и глинистым горючим сланцам. Сланцы, в основном, состоят из стустков и гомогенной массы органического вещества, мелкого терригенного материала и цементирующих их карбонатов. Стустки органического вещества (керогена) имеют неправильную шаровидную форму, переходящую в линзовидную (в поперечных разрезах уплощенную). Размер включений керогена варьирует от 0,02 до 0,2 мм. Общий фон породы желтовато-бурый, для глинистых разновидностей серовато-бурый за счет примеси мелких зерен терригенного материала. До настоящего времени природа органического вещества сланцев не совсем ясна. По определению М.Д.Залесского, органическое вещество сланцев представлено измененными остатками колонизальных сине-зеленых водорослей *Gloeosporomorpha grisea*. Наблюдаемые стустки органического вещества представляют собой видоизмененные клетки водорослей, а гомогенная масса — их слизистые оболочки. Следует отметить, что скопления органического вещества неоднородны по цвету и чаще всего приурочены к различным литологическим типам пород: более темные — к глинистым горючим сланцам, коричневые — к кукерситам, светло-коричневые с желтоватым оттенком наблюдаются в глинисто-сапропелевых известняках. Подобная закономерность для известняков и собственно кукерситов отмечалась и раньше [2,17]. Видимо, цветовая гамма органического вещества является следствием различных фациальных условий осадконакопления перечисленных пород, а также характеризует собой степень сохранности и некоторых химических превращений сапропелевого материала.

В глинистых разновидностях сланцев количество терригенного материала заметно возрастает (см. табл. 1). По гранулометрическому составу среди терригенного материала сланцев преобладает фракция 0,01 мм, зерна крупностью более 0,001 мм встречаются лишь в количестве до 1,5%. Мелкие зерна, как правило, остроугольные, крупные — окатанные или полуокатанные. Терригенный материал представлен в основном кварцем. В состав терригенной части сланцев, кроме кварца, входят следующие минералы легкой фракции: ортоклаз, гидрослюда, слюды, кислые плагиоклазы; реже встречаются минералы тяжелой фракции: циркон, турмалин, лейкоксен, гранат, глауконит, рутил, анатаз и титанит. К аутигенным минералам относится серный колчедан, который иногда присутствует в значительных количествах. Учитывая постоянство химического состава обломочного материала в сланце по разрезу и по площади распространения, можно предполагать и относительное постоянство минерального состава терригенной составляющей.

Третьей составляющей сланцев являются карбонаты, представленные в основном кальцитом, в меньшей степени — доломитом. Кальцит входит в состав скелетных остатков и играет роль цементирующего вещества с микрозернистой структурой. Конкреционные стяжения выполнены кристаллическим кальцитом. Доломит встречается обычно в виде редких идиоморфных ромбоэдров. Под микроскопом хорошо видны ходы илоедов, выполненные крапто-кристаллическим кальцитом и имеющие вытянутую дугообразную форму, в поперечном сечении — эллипсоидальную и округлую. Размеры их различны — от долей миллиметра до нескольких сантиметров. Кроме того, наблюдаются конкреции и конкреционные образования самой различной формы и размеров, сложенные кристаллическим кальцитом, иногда с полисинтетическим двойникованием. Текстура их может быть сплошной однородной или концентрически — зональной. Часто зональность в них подчеркивается наличием серного колчедана (пирита). Хорошо видно, как конкреция огибается основной массой сланца.

По текстурным признакам выделяются две группы сланцев:

- 1) слоистые — с линзовидной, слабоволнистой и горизонтальной слоистостью, обусловленной ориентированно расположенными лин-

зочками темного органического вещества на общем желтоватом фоне; 2) несложные — с беспорядочной текстурой, обусловленной отсутствием ориентировки слагающего материала и связанной с деятельностью илоедов. В результате постседиментационных изменений сланцы подвергаются процессам доломитизации и карстового преобразования. В первом случае образуются доломитизированные сланцы, во втором — "элювиальные" карстовые глины.

Известняк глинисто-сапропелевый розовый или бледно-розовый (например, известняк "кулак" или верхняя часть "двойной плиты", соответственно ритмы 2 и 3). При микроскопическом описании выделяется по цвету, розовый оттенок которого связан с присутствием тонко рассеянного сапропелевого вещества. Известняк глинисто-сапропелевый, розовый встречается в виде слоев или конкреционных образований. Породы чаще массивные, с неясной слоистостью, реже — с неясной прерывистой горизонтальной слоистостью, обусловленной скоплениями сапропелевого материала. По простиранию розовый известняк переходит в сапропелево-глинистый серый известняк или кукурсит. Границы слоев известняка, как правило, четкие, неровные, на контактах со сланцами наблюдаются следы жизнедеятельности илоедов. Содержание терригенного материала и органического вещества резко падает (см. табл. 1).

Известняк сапропелево-глинистый, серый, массивный; однородный (например, нижняя часть пласта "двойная плита", ритм 2). Визуально выделяется по цвету и монолитности слоения. Порода несложная, изредка с неясной горизонтальной слоистостью. По простиранию серый известняк иногда сменяется розовым известняком, в случае трансгрессии залегает на кукурсите. Описываемый литологический тип известняка выдержан по мощности и наиболее устойчив по прочностным свойствам, иногда достигает мощности 20-27 см (ритм 2,6). Известняки содержат включения остатков фауны и иногда перекристаллизованы с образованием крупных зерен кальцита.

Контакты известняка, особенно с нижележащими слоями, четкие, извилистые. По сравнению с глинисто-сапропелевыми розовыми известняками сапропелево-глинистые серые известняки обеднены органическим веществом, в то время как количество терригенного материала почти не изменяется (см. табл. 1).

Глинистый известняк серо-серый с горизонтальной, слегка волнистой слоистостью, иногда со скрытой слоистостью (например, пласт "синиха", ритм 1). Текстурные признаки породы обусловлены скоплениями мелкого терригенного материала (реже органики) по плоскостям наложения. Иногда глинистый известняк содержит неясно выраженные конкреционные включения и остатки фауны различной степени сохранности. Конкреционные образования представлены серым известняком. По простиранию глинистые известняки выдержаны; по разрезу они чаще всего сменяются мергелями. Контакты с выше- и нижележащими слоями нечеткие, переходы постепенные. Глинистые известняки в среднем содержат 6,3% органического вещества и 19,9% терригенного материала.

Глинистые известняки характеризуются повышенным содержанием терригенного материала (в среднем около 15, иногда до 40-50%), меньшим количеством органического вещества (5-10%). Терригенный материал представлен мелкими зернами кварца, иногда образующими в известняке тонкие песчаные прослойки. Ступки сапропелевого вещества имеют уплощенную линзовидную форму, ориентированы и образуют в известняке тонкие прослойки. Среди структур глинистых известняков, помимо органогенно-детритовых, можно выделить еще и биоморфно-детритовые, состоящие на 70-80% из цельных раковин и крупных обломков размером 0,5-1,0 мм.

Мергель серо-синего цвета, с волнистой и косоволнистой слоистостью, реже - горизонтальной. Слоистость обусловлена скоплением в породе терригенного или карбонатного материала в виде неясно выраженных конкреционных известковистых образований более светлой окраски. Прослойки мергеля маломощны, от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. Чаще всего мергель залегает в виде тонких прослоев среди серых известняков, образуя слойки и переплетения причудливой формы.

По простиранию мергель обычно переходит в глинистый известняк, редко — в глину. Контакты с подстилающими слоями известняке, нечеткие, верхние — отчетливые, волнистые. В шлифах мергели сходны с глинистыми известняками. Содержание терригенного материала, как правило, превышает 40 и иногда достигает 70%. Обломочный материал обособляется в виде отдельных прослоек и цементируется палитоморфным кальцитом.

Переплетение глинисто-сапропелевых розовых или бледно-розовых известняков с кукерситом или глинистым горьким сланцем. Помимо розовой цветовой гаммы, обусловленной большим скоплением сапропелевой органической составляющей, данному литологическому типу присущи текстуры взмучивания, крупно-линзовидная и волнистая слоистость. Рисунок породы определяется скоплением, обрывками и прослойками сланцев. Часто сланцы заполняют углубления в кровле слоев известняка в виде нескатанных обрывков и включений, иногда в породе отчетливо видны следы размывов. Все это указывает на неспокойную среду образования данных литологических типов. При описании практически невозможно выделить отдельные горизонтальные прослойки. Контакты с подстилающими и перекрывающими породами волнистые, отчетливые; часто внутри слоя наблюдаются размывы. Порода пористая. Пористость хорошо наблюдается в шлифах и в образцах.

Переплетение серого известняка (редко глинистого известняка) с серо-голубоватым мергелем или сильноглинистым горьким сланцем. От вышеописанного типа эта порода отличается лишь цветом и литологическими составляющими. Под микроскопом типы переплетения представлены глинисто-сапропелевыми или сапропелево-глинистыми известняками. Органическое вещество присутствует в различных количествах, иногда до 25-30%. В известняках наблюдаются прослойки и линзочки терригенного материала. Указанные породы чаще подвергались процессам вторичной доломитизации.

Г л и н а, цвет серый, серо-голубоватый, редко коричневатый (ритм 1). Порода вязкая, обычно почти не литифицирована, влажная. Встречается в нормальном разрезе кукерских отложений лишь в ритме 1, чаще отмечается для нижней части горизонта. Прослои и скопления глины нередко связаны с карстовыми зонами, где глина является вторичной, остаточной. Включения сульфидных минералов: пирита, галенита, сфалерита неблюдается в слоях горючих сланцев и известняков. Они представлены вкраплениями в карбонатных конкрециях в виде различных форм замещения остатков фауны, а также пленками, корками, чешуйками и другими мелкокристаллическими образованиями, развитыми по литогенетическим трещинам.

Дисперсно рассеянный серый колчедан (пирит) встречается в виде мелких (от долей до целых миллиметров) кристалликов, не всегда различимых на глаз. Слои, насыщенные дисперсным серным колчеданом ("поиски"), особенно характерны для границ отдельных горизонтов (например, для кровли кукерского горизонта).

Строение сланценой толщи.

1) Нормальный разрез кукерского горизонта. Верхняя граница кукерского горизонта проводится на 15-16 м выше подошвы четвертого рабочего слоя горючих сланцев по черной ширитизированной поверхности размыва, хорошо прослеживающейся как в разрезе, так и на площади месторождения. Сигнетическая поверхность подводного размыва известняков имеет региональное распространение и связана с изменением условий накопления сланценосных отложений. Следовательно, верхняя граница пород кукерского горизонта имеет генетическое значение. Не совсем четко выделяется нижняя граница кукерского горизонта. Имеются различные, нередко противоречивые высказывания по этому вопросу [13, 15 и др.]. Из них заслуживают внимания, в основном, две точки зрения: 1) нижняя граница проводится по подошве четвертого слоя горючих сланцев; 2) нижнюю границу следует проводить по первому появившемуся в разрезе слою горючих сланцев. Поскольку ниже промышленного пласта залегают слои горючих сланцев, с генетической точки зрения правильное остановиться на втором варианте.

Нижняя граница кукерского горизонта в данной работе проводится на 5,5–5,7 м ниже промышленного пласта горючих сланцев по появлению в разрезе первого (снизу) слоя горючих сланцев.

Кукерский горизонт мощностью 20–21 м по литологии подразделяется на два подгоризонта с границей раздела, проходящей по подошве четвертого слоя промышленного пласта. Такое подразделение удобно с точки зрения сложившейся на месторождении традиции — начинать все отсчеты и построения от подошвы указанного слоя горючих сланцев.

В строении сланценосной толщи горючих сланцев на Ленинградском месторождении наблюдается четкая ритмичность. Отмеченная С.С.Бауковым [1], она нашла отражение в работах, выполненных под руководством М.С.Газизова [4], и наиболее полно рассмотрена в настоящей работе, проведенной Ленинградским горным институтом в 1965–1967 гг.

По литологическому составу осадков и, тем самым, по комплексу других литологических признаков (типам слоистости, количеству и величине конкреций, терригенной, карбонатной и органической составляющей и т.д.) эталонный разрез распадается на ритмы различных порядков (рис.3). Наиболее четко выделяются ритмы основного (первого) порядка по закономерному изменению литологических типов пород без учета мелких отклонений в литологическом составе. На закономерном изменении мощностей основных литологических ритмов основан принцип выделения мезоритмов (второго порядка). Ряд мезоритмов может быть объединен (по генетическому или другим признакам) в макроритмы (третьего порядка), видимо, соответствующие отдельным горизонтам сланценосной формации.

Все мелкие отклонения в изменении литологического состава осадков в пределах основных ритмов представляют элементарные литологические ритмы (нулевого порядка).

Ритмы могут быть полными и неполными (рис.4). Полные ритмы, как правило, состоят (снизу вверх по разрезу ритма) из известняка глинисто-сапропелевого розового — сланца горючего (кукерсита) — сланца горючего глинистого — известняка глинистого — мергеля — глины. В таком ритме отмечаются определенные

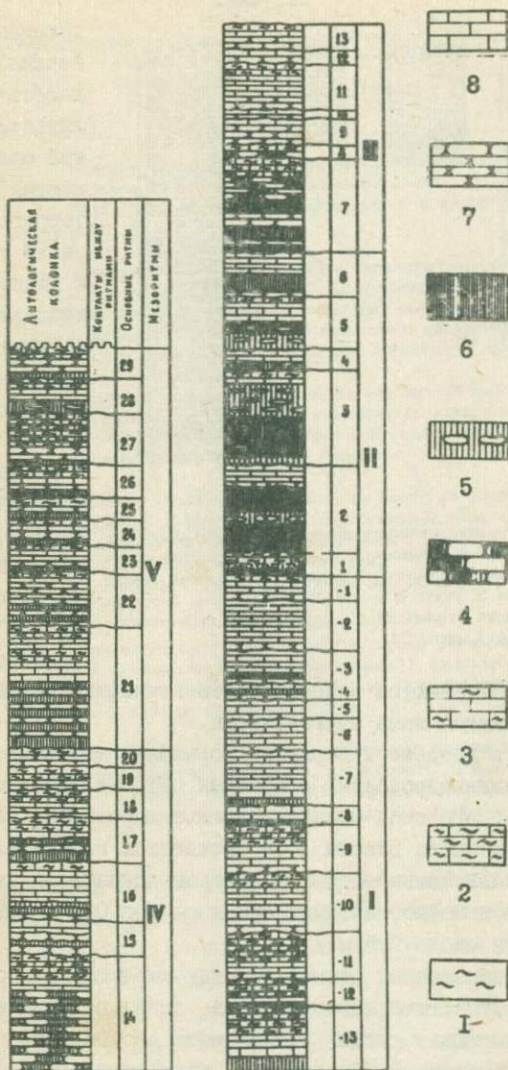


Рис.3. Разрез и строение кузерского горизонта Ленинградского месторождения:
 1 - глина; 2 - мергель; 3 - переслаивание серого известняка с мергелем; 4 - переслаивание розового известняка с глинистым горячим сланцем; 5 - глинистый горячий сланец; 6 - горячий сланец; 7 - розовый известняк; 8 - серый известняк.

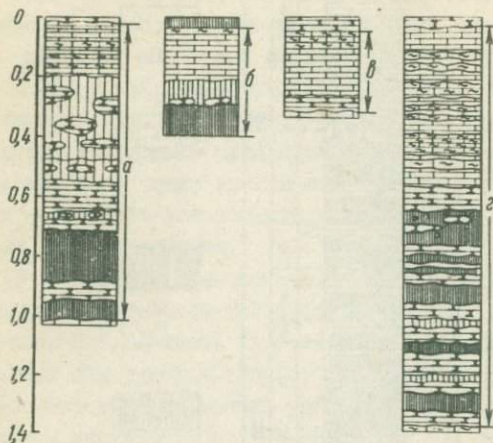


Рис. 4. Типы основных литологических ритмов сланценосных отложений кукерского горизонта: а - полный простой сланцевый ритм, шахта 3, ритм 7; б - неполный простой сланцевый ритм, шахта 2, ритм 1; в - неполный простой бессланцевый ритм, шахта 3, ритм 8; г - полный сложный сланцевый ритм, шахта 1, ритм 21

закономерности: к верхней части ритма карбонатность и количество сапропелевой органики уменьшаются, количество терригенного материала увеличивается, к нижней части ритма наблюдается обратное явление.

Неполные ритмы представляют собой как бы часть полного: в них изменение литологического состава происходит с выпадением отдельных литологических типов. В разрезе кукерского горизонта

чаще всего отмечаются неполные литологические ритмы, полные ритмы отмечаются лишь эпизодически.

Всего в разрезе кукерского горизонта выделено 42 основных ритма, проиндексированных арабскими цифрами вверх и вниз от подошвы четвертого слоя сланца. Индексация ритмов, залегающих ниже промышленного пласта, сопровождается знаком минус. Таким образом, почва четвертого слоя сланца принята за нулевую линию. Диапазон мощностей выделенных ритмов 0,2 - 1,3 м при средней мощности около 0,5 м.

Среди выделенных ритмов по ряду характерных признаков (мощность, литологический тип пород, линии размыва и т.д.) выделены маркирующие ритмы, позволяющие обоснованно увязывать разрезы по площади месторождения, включая и зоны карстовых нарушений (табл.3).

Диагностические признаки основных маркирующих ритмов

Маркирующий основной ритм	Диагностические признаки
20	Наличие двояной шпритизированной поверхности размыва с углублениями на 3-5 см в размываемом слое. Линия размыва прослеживается также и в зоне карстовых нарушений
21	Мощность 1,3-1,4 м и полнота сложного полного сланцевого ритма. Частое чередование прослоев и конкреций известняка глинисто-сапропелевого розового и присутствие рабочего слоя кукурсита мощностью 0,8 м. Наличие глинистого известняка серого с многочисленными прослоями мергеля мощностью 0,5 м
15	Неполный основной ритм, почти поровну состоящий из кукурсита с большим количеством конкреционных образований известняка глинисто-сапропелевого розового и известняка глинистого серого, разделенных четким волнистым контактом
14	Большая мощность неполного, практически бессланцевого ритма 1,2-1,3 м, представленного в основном сложным переплетением известняка глинисто-сапропелевого розового, сланца, известняка глинистого серого и мергеля. В карстовых зонах эти породы, как правило, сильно доломитизированы
7	Сочетание двух слоев горячего сланца коричнево-желтого цвета с ходами ялоедов ("гнилая кровля"), разделенных известняком глинисто-сапропелевым розовым. Большая мощность (1 м) полного основного сланцевого ритма
6	Ритм состоит из слоя 0,2 м горячего сланца и известняка сапропелево-глинистого серого, залегающего на нем. По чередованию и внешнему виду указанные породы похожи на второй рабочий слой горячих сланцев и известняк "двойной плиты"

2) Нормальный разрез верхней части таллинского горизонта. Буровыми скважинами разведочных профилей таллинский горизонт вскрыт лишь на глубину около 6 м (см. рис. 3). Эта часть разреза состоит из монолитных серых известняков, глинистых известняков и мергелей, иногда переходящих в глины, реже — из бледно-розовых известняков и известняков, незначительно обогащенных органикой (керогеном). Основная доля приходится на глинистые известняки и мергели.

Литологический состав пород таллинского горизонта близок отложениям кузерского горизонта. На глубине 7,3–9,9 м отмечены пористые породы — в основном глинистые известняки, чередующиеся с тонкими прослоями мергеля. Ниже, с глубины 9,9 м, породы слабо изменены и наиболее благоприятны для процесса карстообразования. Контакты между слоями пород постепенные и слабоволнистые. В целом ритмичное строение таллинского горизонта отличается от кузерского простотой ритмов, двухчленным или трехчленным строением. Органогенный (керогенный) материал в породах появляется постепенно, с явной тенденцией увеличения вверх по разрезу.

Тектоника и трещиноватость массива. Сланцевосная толща Ленинградского месторождения в тектоническом отношении является типичным платформенным комплексом, спокойное залегание которого осложняется Междуреченским и Северо-Веймарским сбросами северо-восточного простирания, проходящими вдоль северной части месторождения. Эти сбросы имеют амплитуду смещения 10–20 м и сопровождаются зонами дробления и флексурообразными складками. На Междуреченской площади работами Северо-Западного Геологического Управления установлен Загивский сброс меридионального простирания, вытянутый на 24 км при амплитуде смещения 10–12 и ширине зоны сближенных систем трещин 300–340 м.

Сланцевосная толща имеет широкое простирание с падением на юг и юго-восток под углами 10–15'. На площади месторождения наблюдается пологая волнистость слоев в виде незначительных по амплитуде поднятий и погружений, отражающихся в гипсометрии промышленного пласта.

Развитие систем трещин на площади месторождения определялось, в первую очередь, особенностями платформенного тектонического режима и наложенными вторичными карстовыми изменениями. Кроме четко выраженных макроскопически выделяемых систем трещин, в породах сланцевосной толщи развиты также первичные и вторичные микротрещины.

Литогеотектонические трещины наблюдаются в основном на контактах слоев глинистых и слабо-глинистых известняков с глини-

тыми и слабо-глинистыми горючими сланцами. Литогенетические трещины в нормальном разрезе выражены не очень четко, более резко — в зоне карста или на участках разгрузки массива горными работами. В нормальных разрезах пород кровли промышленного пласта выделяется до 18 плоскостей расслоения и ослабления контактов. Плоскости расслоения пород приурочены к границам основных ритмов, к местам смены литологических типов пород и к слабым породам: горючим, глинистым горючим сланцам, мергелям и глинам. Наименее подвержены расслоению породы, завершающие ритм, — монолитные слои известняка (например, хорошо выдержанные известняки в ритмах 6, 7, 8).

Литогенетические трещины диагенетического происхождения — неровные, извилистые — развиты в слоях с избытком конкреций, со структурой переплетения. Эти трещины характеризуются отсутствием правильной системы в их расположении по площади и по разрезу.

Тектонические трещины, образовавшиеся в результате движений платформенного типа, представлены секущими трещинами северо-восточного и северо-западного простирания и трещинами по напластованию.

Трещины северо-восточного простирания имеют додевонский возраст (за исключением вторичных девонских, развивающихся в зонах карста) и секут сланценосную толщу почти вертикально. Преобладающий азимут простирания — $50-60^{\circ}$, расстояние между трещинами от 10 до 230 м, среднее — 115 м.

Трещины-жилы — кластические жилы, возникшие при раскрытии трещин северо-восточного простирания путем их заполнения обломочным материалом. Мощность трещин-жил колеблется от 5 до 15 см, строение простое, с тонкими (до 1 см) ответвлениями и расщеплениями. Для трещин-жил характерно групповое расположение (в плане), кулисообразное через 10–200 м. Наиболее четко выраженные трещины-жилы наблюдаются на поле шахты им. С. М. Кирова, где они прослеживаются через все шахтное поле. Трещины-жилы сопровождаются вертикальными и горизонтальными смещениями амплитудой в 20–30 см (рис. 5) и предопределяют развитие определенных форм карста.

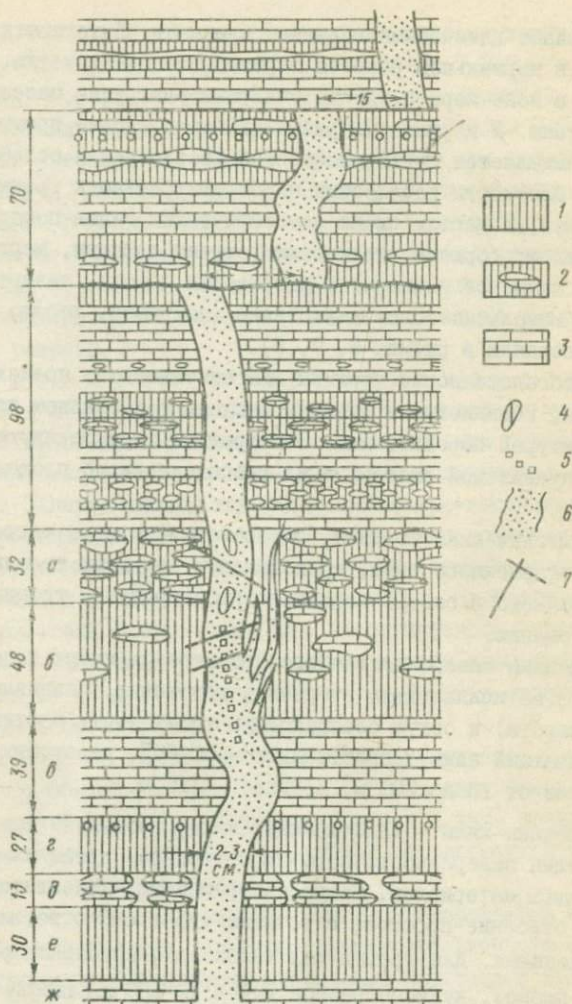


Рис. 8. Схематическая зарисовка трещины-жила. Шахта 2, 31-й откаточный штрек:
 1 - горючий сланец; 2 - конкреции известняка в горючем сланце; 3 - известняк;
 4 - ксенолиты сланца; 5 - сульфиды (серный колчедан); 6 - "трещина-жила"; 7 -
 трещины; а - "ложная кровля"; б - 1-й рабочий слой горючего сланца; в - извест-
 няк "двойная плита"; г - 2-й рабочий слой горючего сланца; д - известняк "ку-
 лак"; е - 3-й рабочий слой горючего сланца; ж - известняк "свиноха"

Трещины северо-западного простирания — наиболее молодые по времени образования — секут всю осадочную толщу Ленинградского месторождения и имеют преобладающий азимут простирания $317-324^{\circ}$ (рис. 6), расстояние между трещинами 25-40, иногда 1-4 м.

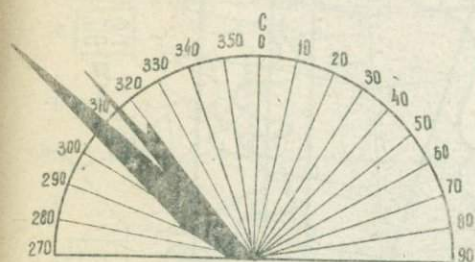


Рис. 6. Диаграмма трещин северо-западного простирания. Шахта 3, 22-я панель камеры-лавы 7-8

Тектонические трещины по напластованию совпадают с отдельными наиболее четкими литогенетическими трещинами и обнаруживаются по смещению плоскостей трещины северо-восточного простирания — смещение высшего бока в северо-

западном направлении до нескольких дециметров. Тектонические трещины по напластованию отмечены в ритмах 8, 10, 15, 16, 22, 24, 25, 26.

Особенности строения сланценой толщи в закарстованных зонах

По особенностям строения массива в закарстованных зонах выделяются [3,4]: зона карстового элювия — раскрытия и обрушения, соответствующая выделяемой по геохимическим процессам зоне замещения и выщелачивания; зона дробления, в основном совпадающая с геохимической зоной доломитизации; и зона карстовой трещиноватости, в пределах которой доломитизация затухает (рис. 7, 8).

В сланценой толще, охваченной глубинным карстом, интенсивно развита система своеобразных неправильных карстовых трещин, возникающих в результате сокращения его объема при

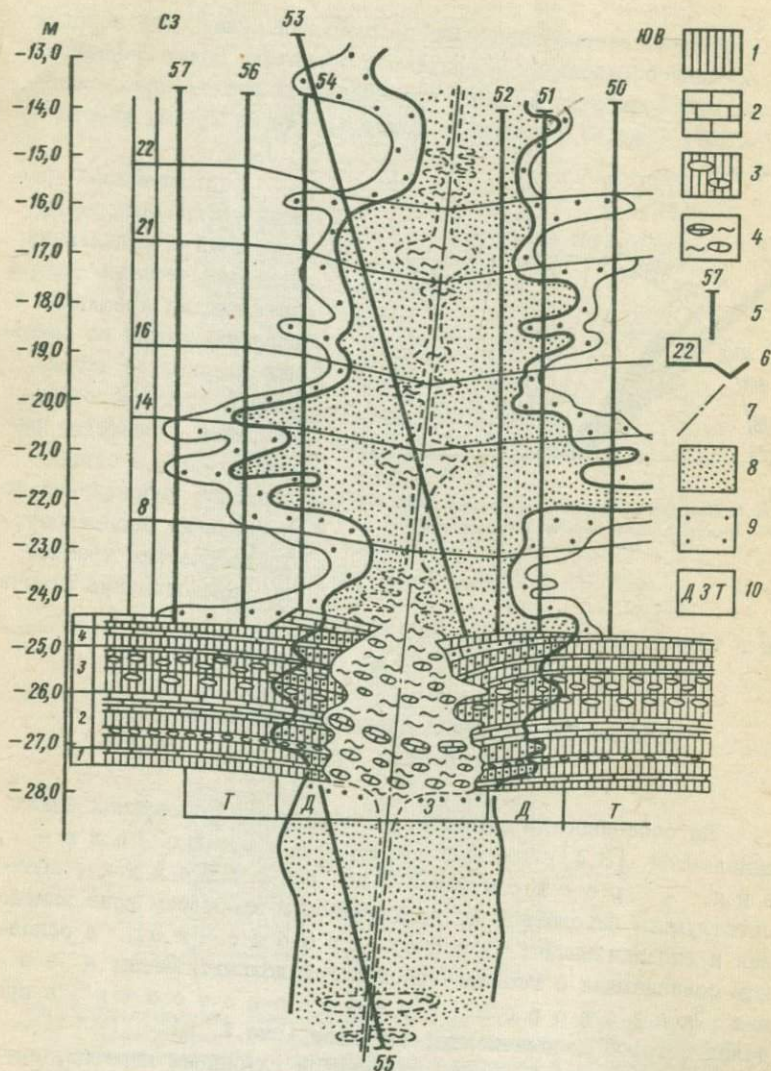


Рис.7. Геологический разрез XXI карстового нарушения, шахта 2, 45-й панельно-откаточный штрек

1 - сланец горючий; 2 - известняк; 3 - сланец с конкрециями известняка; 4 - глина элювиальная с обломками известняка; 5 - скважина и ее номер; 6 - границы маркирующих ритмов осадконакопления и их номер; 7 - осевая линия карста. Геологические зоны карста: 8 - доломитизация 70-100%; 9 - доломитизация 20-70%; 10 - наиболее измененные породы в различной степени доломитизированные. Структурные зоны: т - трещиноватости; д - дробления; з - замещения

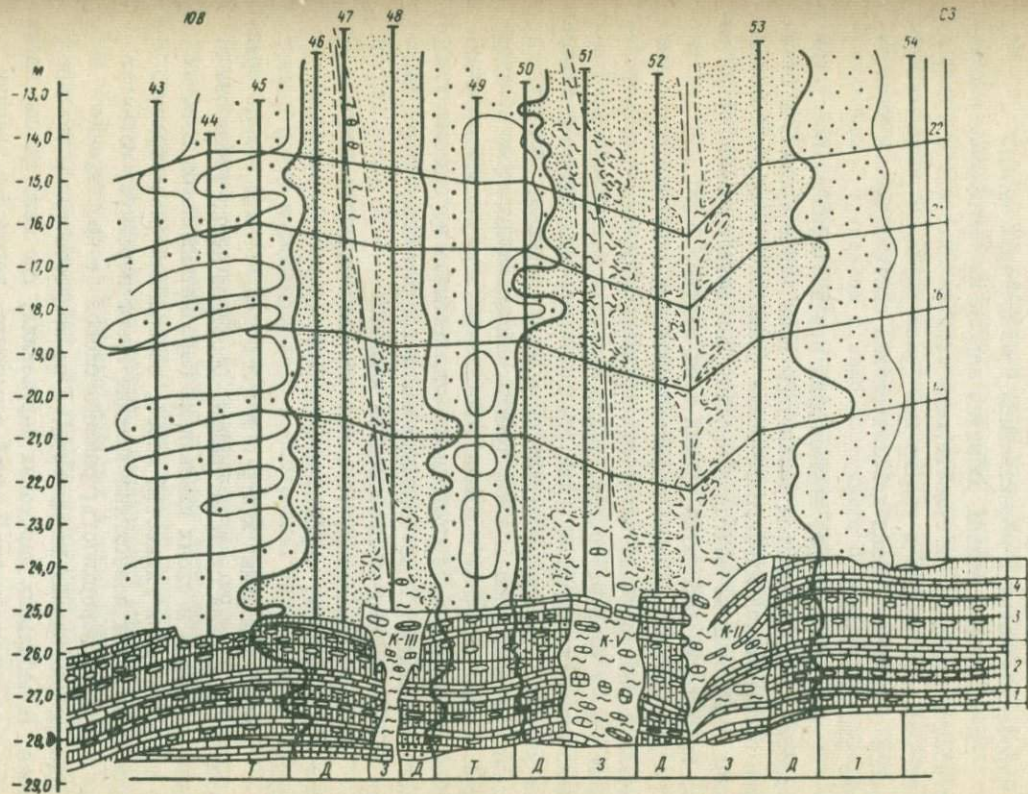


Рис.8. Геологический разрез Ш-У-П карстовых нарушений, 4-й панельно-откаточный штрек, шахта 3. Усл. обозначения рис.7

карстовых процессах, и проявляются деформации сленценосной толщи, выраженные в проседании кровли промышленного пласта и в короблении почвы с образованием прикарстовых мульд.

На начальных этапах развития карста выщелачивание и доломитизация проходят по существующей системе литогенетических и тектонических трещин и только при более глубоком развитии процессов образуется новая дополнительная система трещин карстового происхождения.

Разгрузка массива, возникающая при интенсивном карстовом процессе, сопровождается раскрытием всех типов трещин, и отличить раскрывшиеся литогенетические трещины от вновь образовавшихся карстовых не всегда возможно. Под воздействием горных работ происходит раскрытие трещин всех систем.

Асимметрия процесса карстообразования особенно четко выражена в расположении карстовых трещин. Строение массива определяется, в первую очередь, типом карста и его размещением — одиночным или групповым. Для групповых карстов основным элементом массива, т.е. микроструктуры первого порядка, являются крупные неоднородные блоки, расположенные между двумя сближенными зонами карстового элювия. Параметры этих блоков определяются мощностью закарстованной толщи (обычно в пределах кукуерского горизонта) и расстоянием между сближенными зонами карстового элювия вкрест простирания карста.

Блочность массива, т.е. наличие макроструктур второго и третьего порядков, определяется развитием систем карстовых трещин.

В пределах зоны карстового элювия развита неправильная система трещин. Особенно четко трещиноватость выражена в слоях измененных карбонатных пород и почти не наблюдается в глинистой массе, замещающей слои горючего сланца. В слоях известняка трещины имеют неровную, вогнутую или выпуклую поверхность; размеры блоков по простиранию в пределах нескольких дециметров, а по мощности равны толщине слоев. В небольших карстовых нарушениях, где центральная часть представлена маломощной зоной замещения, карстовые трещины развиваются в основном по системе тектонических макро- и

микротрещин.

Зоны дробления и карстовой трещиноватости характеризуются более правильными систематически расположенными трещинами — группами и одиночными трещинами. Системы карстовых трещин зоны дробления представлены: в карсте первого типа, развитом выше промышленного пласта по трещинам напластования, отдельными "зонами дробления" с густовой трещин 1–2 дм; в карсте второго типа, связанном с трещинами северо-восточного простирания и развитом в непосредственной кровле промышленного пласта, невыдержанной системой сближенных трещин северо-восточного простирания и многочисленных сгущенных трещин отслоения, наблюдаемых в кровле пласта. Для карста третьего и четвертого типов^{х)}, развитых в промышленном пласте, выше и ниже его и связанных с трещинами-жилами северо-восточного простирания; характерны следующие особенности карстовой трещиноватости: 1) неравномерность и даже асимметричность в размещении зон трещиноватости; так, из 15 изученных карстовых нарушений на поле шахты 2 в трех карстовые трещины отсутствуют; в пяти — трещины расположены симметрично; в двух — только на северо-западном и в пяти — только на юго-восточном крыльях; 2) групповое расположение трещин, вытянутых параллельно карстовому нарушению или в виде оперяющихся систем, подходящих к нему под косым углом. Полосы — группы трещин — имеют ширину 10–20 м и перемежаются с единичными трещинами. Оперяющиеся системы часто образуют веера расходящихся трещин; появляются системы трещин почти меридионального простирания. Эти трещины нередко заполнены глинистым материалом и примыкают к зоне дробления. Расположенные группами глинизированные системы трещин указывают на возможный переход к более активному карсту по простиранию, выше или ниже промышленного пласта.

Системой карстовых трещин сланценосный массив разделен на блоки, минимальный размер которых в зоне трещиноватости и дробления определяется не только карстовым процессом, но

х) См. статью Н.Г.Паукера в данном сборнике.

также системой обработки и колеблется от 1,4 до 1,8 м (табл.4).

Таблица 4

Размерность блоков в зонах дробления и карстовой трещиноватости, м

Шахта	Объекты наблюдений	Макротрещины		Микротрещины ^х
		наиболее часто встречающиеся	минимальные	
2	18 пересечений штреками	1,1-1,5, реже 3,5-5,0	0,8-0,8	0,4-0,8
3	4 камеры	1,1-1,4, реже 1,8-2,5 и 4,1	0,8-1,1	0,3-0,6

х) В зависимости от типа породы.

Микротрещиноватость и раздробленность горных пород не всегда выявляется в нормальных условиях залегания. Количество раскрывающихся микротрещин, которые переходят в макротрещины, в зоне дробления резко возрастает, и крупные блоки рассекаются системой вновь возникающих дополнительных макротрещин на более мелкие блоки.

Прикарстовые мульды и поднятия. По горизонту промышленного пласта (по почве четвертого слоя) наблюдаются четкие, небольших размеров (в соответствии с шириной зоны карстового элювия) поднятия по оси карста, и прикарстовые депрессии — мульды, приуроченные к зонам дробления и частично к зоне карстовой трещиноватости.

Коробление почвы промышленного пласта возникает в результате вспучивания пород почвы промышленного пласта и одновременного проседания кровли, при переходе горючих сланцев в карстовые глины, вследствие выщелачивания карбонатов, окисления и выноса органики и доломитизации по краевым зонам карстовых нарушений.

Размеры прикарстовых мульд определяются несколькими дециметрами по высоте и несколькими метрами в поперечнике. Прикарстовые мульды вытянуты параллельно оси карстового наруше-

ния. Наблюдается прямая связь между размерами карстовых мульд и подвятий и типом карста. Как правило, прикарстовые мульды в лежащем боку карста по падению промышленного пласта выражены более четко и имеют более крупные размеры в сравнении с нечетко выраженными мульдами в висячем боку карстовых нарушений по восстановлению промышленного пласта.

Литология сланценосной формации в зонах карстовых нарушений. В пределах карстовых нарушений все ранее рассмотренные литологические типы пород подвергаются в процессе карстообразования вторичным изменениям, к которым относятся: доломитизация, уменьшение мощности слоев, увеличение трещиноватости и пористости, а также лимонитизация, сульфидизация и кальцитизация (табл. 5).

К наиболее распространенным литологическим типам относятся доломитизированные известняки: глинисто-сапропелевые розовые, сапропелево-глинистые серые, глинистые серые, а также доломитизированные мергели и породы переплетения доломитизированных известняков и сланцев, переплетение доломитизированных известняков с мергелями.

Наиболее четко и полно вторичные признаки проявляются в осевой зоне карста и, наоборот, постепенно ослабевают к периферии. С процессом доломитизации связано уменьшение мощности слоев по направлению от периферии к осевой части карстового нарушения. Процесс доломитизации проявляется не по всем литологическим разностям, а выборочно захватывает наиболее пористые и трещиноватые породы нормального разреза: породы переплетения и пористые известняки, залегающие в основных ритмах: 5, 6, 7, 12, 13, 14, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27. Доломитизация пород часто сопровождается перекристаллизацией, в результате породы становятся кристаллически зернистыми. Доломитизация приводит к повышению кавернозности пород и сопровождается сульфидизацией и кальцитизацией. Указанные явления, сопутствующие процессу карстообразования, хорошо регистрируются макро- и микроскопически.

Карстовые глины имеют голубой, реже коричневатый или серый

Таблица 8

ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ ПОРОД ПРИ ПЕРЕХОДЕ ОТ НОРМАЛЬНОГО РАЗРЕЗА
В ЗОНУ КАРСТОВЫХ НАРУШЕНИЙ (ПО ДАННЫМ МАКРОСКОПИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ)

Литологический тип породы			
в нормальном разрезе, доломитизация 20% ^x	зоны средней доломитизации 20-70% ^{xx}	зоны интенсивной доломитизации 70-100% ^{xxx}	зоны замещения и окисления, доломитизация переменная со спалами до 0% ^x
Горючий сланец светло-коричневого цвета, прочный	Горючий сланец коричневого цвета, менее прочный	Доломитизированный горючий сланец коричневого цвета или темно-коричневого, непрочный; крошится, иногда при растирании в пальцах превращается в землисто-рыхлую массу	Измененный горючий сланец коричнево-черного цвета, непрочный, глина мягкая коричневого или зеленовато-голубого цвета
Горючий сланец коричневого цвета с конкрециями розового известняка.	Горючий сланец коричневого цвета с доломитизированными слабокавернозными конкрециями розового известняка	Доломитизированный горючий сланец розовато-коричневого цвета с конкрециями доломитизированного известняка, сильнокавернозный.	Глина зеленовато-голубого цвета, мягкая, с конкрециями известняка светло-серого, почти белого цвета.
Известняк розового цвета, тонкокристаллический.	Известняк доломитизированный, розового цвета, тонкокристаллический, крепкий, слабокавернозный.	Известняк сильно доломитизированный розово-коричневого цвета, сильнокавернозный, непрочный, часто с кристаллами сульфидов в кавернах.	Известняк светло-серого цвета (белесый), пористый, непрочный.
Известняк розового цвета с волнистыми прослоями горючего сланца.	Известняк доломитизированный розового цвета, слабокавернозный, с прослоями горючего сланца.	Известняк сильно доломитизированный розово-коричневого цвета с доломитизированными прослоями горючего сланца.	Известняк светло-серого цвета (белесый), пористый, с впадениями измененного горючего сланца черного цвета.
Известняк серого цвета, тонкокристаллический массивный, крепкий.	Известняк доломитизированный темно-серого цвета, тонкокристаллический, слабокавернозный с редкими кавернами, крепкий.	Известняк сильно доломитизированный, темно-серого цвета, часто с коричневатым оттенком, слабо, средне- и сильнокавернозный, часто с крупными кристаллами сульфидов.	Известняк светло-серый (белесый), пористый, непрочный.

1	2	3	4
<p>Известняк серого цвета, с тонкими впадениями мергеля.</p> <p>Известняк глинистый серого цвета пятнистой или полосчатой текстуры из-за неравномерного распределения глинистого материала</p>	<p>Известняк доломитизированный темно-серого цвета, с впадениями мергеля, редкой каверзностью.</p> <p>Известняк доломитизированный серого цвета, глинистый, пятнистый или полосчатый текстуры, слабокавернозный</p>	<p>Известняк сильно доломитизированный темно-серого цвета с коричневатым оттенком, редкой, средней и сильной каверзностью, с впадениями мергеля.</p> <p>Известняк сильно доломитизированный, глинистый, пятнистой или полосчатой текстуры, средней каверзности, непрочный; участки, обогащенные глинистым материалом; легко царапаются ножом</p>	<p>Известняк светло-серый (белесый), с тонкими впадениями серой или голубой глины.</p> <p>Известняк светло-серый (белесый), пористый, с прослоями мягкой глины зеленовато-голубого цвета.</p>

x) Реакция с 5%-ной HCl бурная.

xx) Реакция с 5%-ной HCl средняя или слабая.

xxx) С 5%-ной HCl нет реакции.

цвет, горизонтальную или слабovolнистую слоистость, обусловленную сменой окраски отдельных составляющих ее прослоев или включениями песчаного материала. Цвет глин определяется их вещественным составом (табл.6).

Таблица 6

Содержание органического вещества в глинах
зоны замещения^х, %

Литологический тип, глубина, м	Нерастворимый в HCl остаток	C _{орг} в породе	Органическое ве- щество в породе
Голубая глина, 6,30	76	0,128	0,172
Коричневая глина, 8,30	88	0,282	0,309

^х) По данным скважины 32^к, поле шахты 3.

Следует отметить, что коричневая глина почти вдвое богаче остаточным органическим веществом. Это лишний раз подтверждает, что карстовые глины образовались за счет изменения горючих сланцев.

По наблюдениям, в горных выработках виден контакт кукерсита с карстовой остаточной глиной очень резок. На границах с глинами наблюдаются слои окисленного "порченного" сланца, линейно-вытянутые конкреции, послеживающиеся из сланца в карстовые глины.

Глины зоны замещения представлены гидрослюдами; пески, залегающие совместно с глинами зоны замещения, — светло-серыми мелкозернистыми и среднезернистыми разностями. Они прослеживаются в виде прослоев в глинах, реже образуют линзы и гнезда. Иногда можно видеть их первоначальное вертикальное положение, соответствующее трещине-жиле. В этом случае они секут глину и вышележащий комплекс сланценосных пород.

Для полной характеристики отложений измененного карстового разреза кукерского горизонта следует отметить особый литологический тип — песчаники, заполняющие трещины-жилы, а также линзы глин неясного происхождения в кровле известняка "синиха". Имеется много высказываний, зачастую про-

тивоположных, о природе песчаного материала, заполняющего трещины-жилы [3, 18].

Большинство исследователей считают, что кварцевые пески приносились сверху из девонских отложений и впоследствии, цементируясь сульфидами и карбонатами, превратились в плотные песчаные дайки или трещины-жилы. В.И.Хейнсау [18] полагает, что заполняющий трещины кварцевый песок не может происходить из пярнуских слоев. Авторы настоящей работы считают, что песчаный материал в эти трещины привнесен из пакерортского горизонта нижнего ордовика. Происхождение трещин-жил связано с общеизвестным поднятием кристаллического фундамента в додевонское время, что привело к раскрытию ранее существовавших и появлению новых вертикальных тектонических трещин, главным образом, северо-восточного направления. Возникшее при движении земной коры давление обусловило проникновение по трещинам снизу водонасыщенных оболочек песков пакерортского горизонта. Такая возможность подтверждается часто наблюдаемыми в практике большими выносами этих песков в горные выработки шахт через пробуренные скважины. Как указывалось, трещины-жилы имеют мощность от 1 до 12 см, протяженность от десятка метров до полутора километров. Кверху трещины-жилы суживаются, выше разреза кукерского горизонта не встречаются. Бурением скважин удалось проследить продолжение трещин-жил ниже подошвы промывленного пласта горючих сланцев, где их мощность сохраняется. Стенки трещин относительно ровные, без раздувов и следов выветривания. Заполняющий трещины-жилы песчаный материал цементирован, цемент известковый. Контакты с вмещающими породами резкие. Отмечены суживающиеся кверху апофизы трещин-жил. В песчаном материале, заполняющем трещины, имеются остроугольные по форме ксенолиты из неизменных боковых пород (горючего сланца) и прожилки, выполненные кальцитом, пиритом, марказитом, реже галенитом и сфалеритом (см. рис. 5).

Для подтверждения высказанной точки зрения о путях поступления песков был изучен гранулометрический состав тяжелой и легкой фракций песчаного материала.

По гранулометрическому составу сходство песчаного мате-

риала трещин-жил и пакерортского горизонта намечается для фракции крупнее 0,5 мм. Кроме того, оболочные пески пакерортского горизонта и песчаный материал из трещин-жил имеют большое сходство между собой по чисто кварцевому составу легкой фракции и по отсутствию амфиболов в тяжелой фракции песков пакерортского горизонта. Необходимо отметить также повышенное содержание P_2O_5 (0,6–0,9%) в песчаном материале из трещин-жил по сравнению с боковыми породами, что также указывает на связь его с оболочными песками пакерортского горизонта.

Все эти данные позволяют считать, что описываемые трещин-жилы по своей природе являются инъекционными кластическими дайками.

Эпизодически встречающиеся линзы глин, залегающие под известняком "синиха", имеют размеры до нескольких метров по направлению при толщине 2–3 дм (например, шахта им. С. М. Кирова, панельно-откаточных штрек 9, пикет 24, где линза размером 85x65x25 см). Характерно уменьшение мощности слоев, перекрывающих эти образования. По данным термического анализа и электронной микроскопии установлена принадлежность этих глин к гидрослюдам с примесью монтмореллонита и кальцита.

Способ образования глинистых тел остается пока неясным: возможно — это диагенетические конкреции; допустимо и их метасоматическое происхождение. Дальнейшие систематические наблюдения за явлениями такого рода, вероятно, дадут дополнительные сведения о выяснении их происхождения.

Геохимические процессы в зонах карстовых нарушений. Исследования доломитизации и вторичной сульфидной минерализации в зонах развития карста подтверждают предположение о ведущей роли явления доломитизации в карстовом процессе, ранее высказанное М. А. Гатальским [8] и М. С. Газизовым [3, 4]. Роль в окислении сульфидов карстового процесса и выделившегося при этом серного ангидрида, а также приносимого водами кислорода оказалась значительно меньшей. Процесс доломитизации проходит в закрытой среде за счет обогащенных магнием морских вод, проникающих в сланценосный массив в послесреднедевонское время по сис-

теме трещин северо-восточного простирания. Доломитизации подвергались породы среднего и верхнего ордовика на глубину 20–25 м от их контакта с перекрывающей толщей девона. По мере протекания процесса область воздействия этих растворов увеличивалась за счет возникновения вторичных систем трещин доломитизации и вторичной пористости. После исчезновения указанного бассейна доломитизация проходила под действием поверхностных вод, проникающих в толщу карстующихся пород по основной тектонической системе трещин и системам трещин раскрытия, возникшим в результате ранее начавшегося процесса доломитизации. Эти воды обогащались магнием за счет доломитов и доломитизированных известняков вышележащих горизонтов.

Доломитизация является причиной возникновения структурных изменений массива — карстовой трещиноватости и пористости, которые, в свою очередь, способствуют расширению зоны доломитизации.

Органическое вещество горючих сланцев под действием растворов, содержащих кислород, разлагалось с образованием углекислоты и сероводорода. Карбонаты сланцев под действием углекислоты переходили в бикарбонаты. Липевые органического вещества и карбонатов слои горючего сланца превращались в глинистую массу зоны замещения. Миграция карстовых вод ограничивается плотной массой глины зоны замещения, поэтому на поздних стадиях карстового процесса все большую роль при движении карстующихся растворов играют вторичные трещины карстового происхождения.

Сероводород, выделяющийся при разложении массы горючего сланца, способствовал осаждению железа, свинца и цинка во вторичных сульфидах. При достаточно высоком содержании кислорода в карстовых водах образовывался серный ангидрид, что делало воды более агрессивными, а процесс образования карста более активным.

Геохимическая зональность карстовых нарушений. Изучение доломитизации всего разреза ордовика в пределах карста ХУІ (шахтное поле 3), при проверке аномалий электрической проводимости на

нактей полях 2 и им.С.М.Кирова, а также по ряду карстовых нарушений, изученных вертикальными подземными скважинами в пределах кукуерского горизонта, позволило выделить несколько геохимических зон карстовых нарушений.

Зона замещения и окисления, соответствующая приблизительно зоне карстового зловия. Она развивается по карстовым трещинам, достигающим десятка метров; в ширину хорошо выделяется на уровне промышленного пласта, продолжаясь в кровле и почве (см.рис.7,8). Зона характеризуется резко изменяющейся доломитизацией, часто с локальными спадами до нулевых значений, указывающими на раздоломичивание.

Зоны интенсивной и средней доломитизации пород — показатели доломитизации соответственно 100-70 и 70-20% (переходит в нормальные неизмененные породы с доломитизацией менее 20%) — не очень точно совпадают со структурными зонами карстового дробления и частично карстовой трещиноватости.

В разрезе карстовых нарушений выявлена вертикальная зональность, характеризующаяся рядом общих черт: а) в пределах карста доломитизация развивается неодинаково — породы юго-восточного крыла по падению подвергнуты более интенсивным изменениям, границы зон доломитизации отличаются большей извилистостью в сравнении с северо-западным крылом; б) породы различных ритмов осадконакопления и отдельные разности в пределах ритмов подвергались доломитизации неравномерно.

В кровле промышленного пласта выделяется от 3 до 5 максимумов доломитизации (см.рис.8): первый максимум приурочен к ритмам 5-6; второй развивается по породам ритмов 8-14 вблизи основной части зоны интенсивной доломитизации, а далее к периферии карстового нарушения — в ритмах 10, 12, 14 (нижняя часть); третий максимум приурочен к ритмам 16-20; четвертый — к ритмам 21-25; пятый — к ритмам 26-27. Наибольшего внимания, с горно-технической стороны, заслуживает первый максимум, приуроченный непосредственно к кровле промышленного пласта, и второй, расположенный несколько выше и имеющий из всех максимумов наибольшее развитие в стороны от осевой плоскости карста.

Приуроченность максимумов доломитизации к породам опре-

деленный ритмов зависит от наличия в этих частях разреза плоскостей расслоения, наблюдаемых и в нормальных, не затронутых карстовой доломитизацией частях разреза, по которым во время формирования карста проникали карстовые воды.

Проявления доломитизации наиболее детально изучены в пределах промышленного пласта по горючему сланцу слоя 1 и известняку "плита". Максимумы доломитизации отмечаются на расстояниях от 11–13 до 29–36 м от оси карстовых нарушений или от 8–10 до 25–28 м от внешнего контура зоны замещения.

В осевой части карстовых нарушений, т.е. там, где карстовые процессы достигли максимального развития, наблюдаются участки с развитием измененных окисленных пород. Нередко доломитизированные породы подвергались раздоломичиванию до 0–10%, при просмотре шлифов, отмечаются псевдоморфозы кальцита по ромбоэдрам доломита) (например, скв.48, ритм 76) (см.рис.8).

Известняки в осевой части карста светло-серые, почти белые, обесцвеченные, часто пористые, подверженные интенсивному дроблению. Горючий сланец и прослой мергеля превращены в зеленовато-голубую глину. На контакте с этими измененными породами горючий сланец подвергается окислению и приобретает буровато-черную окраску.

Сульфидная минерализация проявляется в обеих зонах нечетким прерывистым отложением минералов: пирита, марказита, галенита, реже сфалерита, по системам трещин зоны дробления и карстовой трещиноватости. Сульфидная минерализация хорошо прослеживается в этих зонах карста также по керну скважин подземного бурения в сторону кровли. Отдельные участки, обогащенные сульфидами, обычно выделяются у границ зон выщелачивания и доломитизации.

В зоне дробления, в условиях свободной циркуляции вод при кислом характере среды, наблюдается переход пирита в марказит, в шлифах пирит замещается до $\frac{3}{4}$ объема марказитом. Помимо каверн, марказит заполняет карстовые трещины, отлагаясь по стенкам и образуя на них "щетки". Наиболее часто явление замещения пирита марказитом наблюдается в известняках, значительно реже в горючих сланцах. Наличие включений марказита в

породах промышленной толщи — характерный показатель карстовой зоны дробления.

Галенит встречается довольно часто в зонах карстовых нарушений в виде хорошо образованных кристаллов и друз, достигающих нескольких сантиметров в поперечнике. Галенит часто развивается по пириту, а в зонах дробления встречается совместно с кальцитом. Можно предположить, что галенит образовался значительно позже пирита. Наблюдаются отложения галенита ("цветы" и "лепешки") и по стенкам карстовых полостей.

Образование вторичного кальцита и лимонита. В наиболее активную фазу карстового процесса в условиях насыщения углекислотой происходило выщелачивание карбонатов кальция и магния и перетложение карбонатов кальция — кальцитизация по периферии зоны замещения и в зоне дробления.

Включения кальцита (кристаллы, неправильные друзы) наблюдаются в карстовой зоне замещения в порах и трещинах остаточных и доломитизированных известняков, в глинах. Кристаллы кальцита, часто окрашенные в коричневый и темно-бурый цвет, размером 1,5–2,0 см, встречается в зонах сближенных трещин карстовой трещиноватости и дробления.

В условиях высокого кислородного потенциала, когда железо выносится из пород промышленного пласта, лимонитизации подвергаются участки зоны карстовой трещиноватости за пределами промышленного пласта. В этом случае карстообразующие трещины прослеживаются по интенсивному окрашиванию пород в красно-бурные тона.

Влияние геохимических процессов на структуру массива. Вторичная доломитизация, т.е. процесс метасоматического изменения известняков при привносе магния, сопровождается увеличением суммарной пористости массива на 13,2% при полном переходе кальцита в доломит или на меньшую величину при неполном протекании этого процесса. Следовательно, суммарная пористость закарстованных пород возрастает за счет наложения на свойственную породам в нормальном залегании первичную пористость вторичной,

возникающей при доломитизации, при растворяющем действии карстовых вод и механическом выносе растворенных частиц.

Проходящие одновременно с геохимическими процессами и вызванные ими изменения в строении массива, ведут к увеличению суммарной пористости и влияют на карстовый процесс, определяя его масштабы и интенсивность.

По данным петрографических определений, повышенная вторичная пористость (10–15%) свойственна органогенно-детритовым известнякам, пониженная (3–5%) — пелитоморфным плотным известнякам; пористость 8–12% характерна для диагенетически измененных пород со структурой переплетения.

Определение пористости и удельного веса проб горючего сланца рабочего слоя 1, отобранных на разных расстояниях от зоны элювия, показало, что за счет выщелачивания карбонатов происходит уменьшение удельного веса до 15 и приращение пористости до 20,5% по сравнению с фоном.

Многочисленные определения пористости известняков различного состава кукерского горизонта показали, что она в неизменных породах составляет 5–9 и возрастает до 40% за счет выщелачивания карбонатов и керогена в зонах карста.

Представление об изменении пористости в массиве можно получить не только путем прямых измерений, но и сравнивая плотности пород в кровле промышленного пласта на закарстованных и незакарстованных участках^х.

Выводы

1. На Ленинградском месторождении горючих сланцев древним карстовым процессом охвачена вся толща ордовика. Наиболее детально карст изучен в пределах кукерского горизонта (промышленный пласт и породы кровли) и менее детально в идаверском и таллинском горизонтах.

2. Все изменения, связанные с карстом, отчетливо прояв-

^х См. статью Э.П. Попова в настоящем сборнике.

ляются при сопоставлении с нормальными геологическими условиями, т.е. с "геологическим" фоном месторождения, в разрезе которого выделено 29 основных ритмов в кровле промышленного пласта горючих сланцев и 35 ритмов в подошве.

3. В пределах развития карста, захватывающего промышленный пласт горючих сланцев, выделяются три структурные зоны: трещиноватости, дробления и замещения, на которые накладываются зоны вторичного изменения вмещающих пород — доломитизации и выщелачивания, сульфидной, лимонитовой и кальцитовой минерализации. Эти изменения сопровождаются увеличением трещиноватости и пористости массива, окислением органики, выносом продуктов разрушения, привносом и переносом песчаного материала.

4. Наиболее важным геохимическим показателем закарстованности является доломитизация. Первичное содержание доломита в карбонатной составляющей пород ордовика не выше 20, чаще 7—12%. Для зоны трещиноватости доломитизация достигает 20—70, в зоне дробления — 70—100%, в зоне замещения доломитизация переменная, со спадами до нуля. В вертикальном разрезе зоны трещиноватости и дробления наблюдаются закономерные увеличения и спады уровней доломитизации пород кровли. Выделяется до пяти максимумов доломитизации. Наблюдается асимметрия карстовой доломитизации: чаще в юго-восточном крыле доломитизация интенсивнее, чем в северо-западном. Степень доломитизации в сочетании с другими признаками дает возможность установить границы зон карстовых нарушений.

Л и т е р а т у р а

1. Бауков С.С. Геотектонические условия сланцenaкопления. Тр.Ин-та геологии АН ЭССР, т.1, 1958.
2. Бауков С.С. Закономерности вещественного состава горючего сланца Прибалтийского сланцевого бассейна. Тр.Ин-та геологии АН ЭССР, т.2, 1958.
3. Газизов М.С. К вопросу о морфологии и происхождении глубинного карста в Прибалтийском сланцевом бассейне. Тр. Ин-та геологии АН ЭССР, т.2, 1958.

4. Газизов М.С. Исследование закономерностей развития и проявления глубинного карста в Прибалтийском сланцевом бассейне. Изд-во ИГД им.Скопинского, 1964.

5. Газизов М.С. О классификации карстовых образований в Прибалтийском сланцевом бассейне. — В сб. "Химия и технология горючих сланцев и продукты их переработки", вып.14, "Недра", 1965.

6. Газизов М.С., Якевич М.С. Трещиноватость горных пород ордовика и ее роль при разработке сланцевых месторождений Прибалтики. — В сб. "Химия и технология горючих сланцев и продукты их переработки", вып.14, "Недра", 1965.

7. Газизов М.С. Принципиальная схема развития глубинного карста в карбонатных породах, обогащенных керогеном (на примере Прибалтийского бассейна горючих сланцев). Тезисы доклада Ш геол.совещания по твердым полезным ископаемым Донецк.—Ростов, 1967.

8. Гатальский М.А. Карст силурийских и ордовикских карбонатных пород Прибалтики. Геология и геохимия, т.1 (УП), Тр.ВНИГРИ, Гостоптехиздат, 1967.

9. Гатальский М.А. Микродислокации и трещиноватость пород в районе Прибалтики и их значения в миграции и распределении нефти. Тр.ВНИГРИ, вып.131, 1969.

10. Зыснн А.М., Кирюков В.В., Паукер Н.Г. Система разведки Ленинградского месторождения горючих сланцев. Зап.ЛГИ, т.4У, вып.2, 1968.

11. Когерман П.К. Кероген сланцев как высокомолекулярное вещество и происхождение сланцев. В сб. "Химия и генезис твердых горючих ископаемых". Изд. АН СССР, 1963.

12. Майоров Н.Ф. Газообъемный метод анализа карбонатных пород. Зап. ЛГИ, т.ХШ, вып.2, 1962.

13. Мянниль Р.М. История развития балтийского бассейна в ордовике. "Валгуя", 1966.

14. Раудсепп Х.Т. О генезисе эстонского горючего сланца-кукерсита. В сб. Генезис твердых горючих ископаемых. Изд.АН СССР, 1959.

15. Рымусокс А.К. Биостратиграфическое расчленение ордовика Эстонской ССР. Тр.Ин-та геологии АН ЭССР, т.1, 1958.

16. Ульт Р.Ж. Нижнепалеозойские и силурийские отложения Прибалтики и содержание в них рассеянного органического вещества. Изд.АН Латв.ССР, 1959.

17. Фокви Л.Ф. О строении и продуктах распада битуминозных горных пород Эстляндии. Горный журнал, т.П, 1913.

18. Хейнсалу Ю.И. К вопросу образования тектонической трещиноватос-

Н. Г. Паукер

ХАРАКТЕРИСТИКА КАРСТОВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ НА ЛЕНИНГРАДСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Обоснование типизации

Большой фактический материал по карстовым нарушениям, вскрытым горными выработками и скважинами, и специальные исследования карста с 1963 по 1967 год позволили выделить основные типы и подтипы карстовых проявлений, влияющих на проведение горных работ на Ленинградском месторождении горючих сланцев. Эта типизация является дальнейшим развитием типизации, предложенной нами в 1963 г., и классификации М. С. Газизова, приведенной им в отчете за 1963 г. и опубликованной в 1965 г.^х

В основу данной типизации положены два принципа: естественно-исторический (генетический), характеризующий глубину развития карстового процесса и интенсивность преобразования пород на горизонте промышленного пласта, его кровли и почвы; и горно-геологический, отражающий степень влияния карстовых нарушений на технологию горных работ.

Из всех генетических факторов карстового процесса с горногеологической точки зрения наиболее существенным является глубина закарстования (в древнем цикле развития карста) относительно современного положения горизонта разработки. Глубина

^х) М. С. Газизов. О классификации карстовых образований в Прибалтийском сланцевом бассейне. — В сб. Химия и технология горючих сланцев и продукты их переработки, вып. 14, "Недра", 1965.

проникновения карстовых вод, степень их активности в преобразовании пород, состав последних и строение массива определяют соответствующие формы карстопроявлений как в самом промышленном пласте, так и в породах непосредственной и основной его кровли и почвы. Горизонту разработки уделено главное внимание наших исследований. По мере удаления вверх или вниз от этого горизонта влияние карстопроявлений на производство горных работ уменьшается, наличие карстовых нарушений выше и ниже промышленного пласта учитывается данной типизацией лишь в пределах таллинского, кукерского и частично идаверского стратиграфических горизонтов. В горизонтах, расположенных выше, древние и более молодые формы карста влияют в основном на подготовительные работы — проходку вертикальных и наклонных стволов, вентиляционных скважин большого диаметра. Поскольку такие выработки проходятся значительно реже, чем горизонтальные по промышленному пласту, то в этой более узкой горногеологической типизации карстопроявления в отложениях верхнего ордовика и девона, а также поверхностные формы карста не учитывались. Так как карстовый процесс развивался сверху вниз, то значительная часть карстопроявлений, вскрываемых на уровне промышленного пласта, имеет генетическую связь с вышележащими горизонтами по закарстованным трещинам северо-восточного простирания. Некоторые проявления карста, связанные с древней зоной горизонтальной циркуляции карстовых вод, не имеют прямой связи с промышленным пластом в пунктах их обнаружения, однако за пределами этих пунктов связь скрытого карстового нарушения с основными путями проникновения карстовых вод несомненно имела в прошлом или сохранилась до настоящего времени.

В типизации учитывается, что карстовые нарушения на уровне промышленного пласта лучше изучены, так как чаще вскрываются, доступны осмотру, имеют неоднократные пересечения горными выработками, в то время как выше и ниже расположенные карстовые формы пересекаются реже, доступны в исключительных случаях, выявляются главным образом при бурении скважин и проходке стволов и водосборников, поэтому изучены слабо. Но игнорировать последние нельзя, поскольку такие карстопроявле-

ния также находятся в сфере влияния нарезных и очистных работ.

При производстве горных работ весьма существенное значение имеют размеры вскрываемого карстового нарушения и состояние пород в соответствующих его зонах^х; от этого зависят типы крепи, размеры предохранительных целиков и особенности обработки сланца вблизи карстовых нарушений, особенно крупных. Следовательно, основным параметром карстового нарушения можно принять ширину зон замещения и дробления. Так как в зоне замещения находятся наименее устойчивые породы, то от ее размеров во многом зависят горнозащитные мероприятия. При очень узкой зоне замещения, свойственной, например, ряду карстовых нарушений в шахте им.С.М.Кирова, величина прикарстового целика небольшая, мала и протяженность закрепленной части штрека.

Имеются случаи, когда в пределах промышленного пласта зоны замещения вообще нет и в кровле выработки прослеживаются только зоны дробления и трещиноватости. Этим обусловлена необходимость выделения подобных нарушений из обычно встречающихся на уровне промышленного пласта. Наконец, при широких зонах замещения и дробления карстовому преобразованию подвергались все породы (включая расположенные ниже промышленного пласта), что особенно характерно для групповых (сближенных) карстовых нарушений. В этом случае горнозащитные мероприятия более сложны, так как слабо устойчивой оказывается не только кровля, но и подошва выработок. Степень преобразования пород в мощных карстовых нарушениях, как правило, наибольшая.

Таким образом, глубина развития карстового процесса на отдельном участке или пункте шахтного поля определяет тип карстового нарушения, а степень изменения пород — подтип карста. Первый типизационный фактор определяет положение карстового нарушения в геологическом разрезе, а второй — размеры наиболее неустойчивых зон.

Выделение отдельных типов и подтипов осуществлено по совокупности различных признаков, а количество выделенных типов

х) Принципы выделения структурных зон карстовых нарушений, план и разрезы по отдельным нарушениям даются в статье Г.А.Даниловой и др. настоящего сборника.

и подтипов определилось частотой повторяемости их при разведке, вскрытии и, главным образом, разработке месторождения.

К типизационным признакам отнесены: 1) литологический состав пород и его изменение в различных зонах карста; 2) условия залегания отдельных пачек и слоев в пределах промышленного пласта, по кровле и почве, по ритмам осадконакопления; 3) трещиноватость и блочность пород и пачек; 4) карстовая минерализация — вторичное минералообразование кальцита, марказита, пирита, галенита и т.д.; 5) степень доломитизации пород; 6) плотностной разрез кровли по гамма-гамма-каротажу, его характер и изменчивость; 7) физико-механические свойства пород и инженерно-геологическая характеристика пачек с учетом слоистости и блочности; 8) обводненность нарушений.

На основе детального изучения объектов работ 1963—1967 гг. и статистической обработки материалов документации карста шахтными геологами выделено 5 типов карстовых нарушений, которые включают 11 подтипов, в том числе, типы второй и пятый — по два, а типы третий и четвертый по три подтипа. Естественно, что наибольшей детализации подверглись карстовые типы, часто встречающиеся на уровне промышленного пласта.

Характеристика типов и подтипов карстовых нарушений

Тип 1 характеризуется развитием карстовых полостей преимущественно по трещинам напластования в известняках кукерского и низах идаверского стратиграфических горизонтов, в интервале 8—16 м выше промышленного пласта.

Все карстовые формы этого типа вскрывались во время проходки шахтных стволов, что вызвало увеличение водопритока и необходимость тампонажа карстовых пустот. При проходке ствола 1-бис шахты 1 карстовые пустоты были обнаружены на глубине 79 м, примерно на границе кукерского горизонта с идаверским. Во время проходки ствола 2-бис шахты 2 при положении забоя в 11,8 м от кровли промышленного пласта отмечено резкое увеличение поступления воды, связанное с карстом типа 1. Аналогичные

наблюдения имелись по стволам шахты им. Кирова. Размеры карстовых полостей (по высоте) чаще всего не превышали 0,2–0,7 м. Такой же величины пустоты фиксировались при бурении скважин (по провалам бурового инструмента).

В некоторых случаях полости, образовавшиеся в начальной фазе карстового процесса, впоследствии частично заполнялись обломками доломитизированных пород и рыхлыми продуктами разрушения коренных пород. Стенки полостей обычно кавернозны, породы трещиноваты, доломитизированы, но четко выраженной зональности установить невозможно, так как горными выработками эти полости вскрываются редко (сами выработки единичны), а по скважинам морфология таких карстовых нарушений не устанавливается. Вообще, в разведочных скважинах (особенно разведки прежних лет) сведения о карстопоявлениях крайне скудны. Они встречаются лишь в буровых журналах, где отмечаются факты провала инструмента или интенсивного поглощения промывочной жидкости, а также неустойчивые интервалы глубин, с которыми связаны некоторые аварии скважин.

С позиций горногеологического значения карста типа 1 выражается в том, что во время очистных работ нарушается нормальный, по сравнению с геологически неосложненными участками, характер сдвижения пород при посадке кровли и в сосредоточенных выходах (прорывах) подземных вод из их скопления на закопаных горизонтах. За счет скоплений подземных вод в карстовых нарушениях типа 1 обводняются нижние части стволов вентиляционных и технических скважин.

В качестве примера влияния карста типа 1 на производство горных работ можно привести аварийный случай с отработкой лавы 3 панели I6 шахты им. С. М. Кирова, где 20/IX-1962 г. внезапно произошел прорыв воды К-23, с первоначальным очень большим притоком — до $400 \text{ м}^3/\text{час}$. Такой водоприток вынудил прекратить работы в лавах и вызвал опасение, что прорыв связан с проникновением поверхностных вод. Основанием к такому предположению послужило то, что на поверхности над пунктом прорыва протекает ручей Сибирский и что в русле этого ручья развиты карстовые воронки и поноры, через которые часть поверхностно-

го стока ручья поглощается везенбергскими закарстованными известняками и доломитами. Произведенные нами обследования показали следующее: 1) поглощенные известняками воды в значительной своей части вновь выходили на поверхность в виде источников у везенбургского уступа; 2) воды прорыва и ручья Сибирского различались по химическому составу и температуре; 3) дебит прорыва постепенно уменьшался и через 1,5 месяца был уже в 4,5 раза меньше первоначального, в то время как в поверхностном водотоке не зафиксировано существенных изменений в расходе. Все это дало основание утверждать, что прорыв в панели I6 не связан ни с ручьем Сибирским, ни с водами верхнего этажа закарстованности; и что с течением времени прорыв К-23 уменьшит свой дебит настолько, что не потребуются принимать каких-либо специальных мер по борьбе с водой. Действительно, поступление воды в дальнейшем во много раз сократилось и лава была отработана. Это показывает, что при системе обработки длинными столбами не происходит существенной подработки везенбургского горизонта, а полости карста типа 1, хотя и содержат в некоторых случаях значительные массы воды, но дренируются со временем почти полностью.

Тип 2 развит преимущественно в непосредственной кровле на высоту до 4–6 м от промышленного пласта и связан с закарстованностью пород по тектоническим трещинам северо-восточного простирания и по литогенетическим трещинам в пределах ритмов 4–I5. Полые формы встречаются значительно реже, чем в типе 1, и имеют вид щелей с просветом 2–4 см, образовавшихся при коррозии известняков и провисании отдельных слоев над выщелоченным пространством. Чаще же преобладает скопление продуктов "карстового альявия" среди измененных пород, приуроченное, в основном, к водопродводящим трещинам. Роль горизонтальных "водоносных плоскостей" здесь весьма важна. Закарстование тонкослоистой кровли привело к частому чередованию пород, резко отличающихся по физико-механическим свойствам и составу: от весьма слабых разновидностей пластичной консистенции или находящихся в "раскисшем" состоянии до крепких доломитизированных, разоб-
щенных на отдельные мелкие блоки. Такой "слоеный пирог" не-

устойчивых пород в практике горного дела получил название "гнилой кровли". Значительное содержание глинистого материала в прослоях ложной и непосредственной кровли препятствовало проникновению подземных вод в глубину массива; над водоупорными прослоями преобладало движение вод в горизонтальном или близком к нему направлении. Коренного преобразования пород в промышленном пласте не произошло, поэтому зона замещения в нем отсутствует. Признаком наличия карста выше промышленного пласта служит лишь несколько повышенная доломитизация первого слоя сланца или известняка "плита". В контуре горной выработки, в основном по ее кровле, может быть обнаружена только зона трещиноватости или обе зоны (трещиноватости и дробления) без ясной границы между ними, общая протяженность этих зон, судя по результатам маршрутной съемки 1966 г. в выработках юго-западных панелей шахты 1, колеблется от 5 до 56 м.

Если закарстованность связана с одной или несколькими, но очень близко расположенными северо-восточными трещинами, то ширина обеих зон небольшая, всего несколько метров (подтип 2а); если же закарстовано несколько трещин, отстоящих друг от друга на расстоянии 10 или нескольких десятков метров, то смежные структурные зоны объединяются в одну общую закарстованную зону значительной ширины 10–60 м (подтип 2б). По горно-техническим условиям подтип 2б более опасен с точки зрения возможности обрушения неустойчивых пород. Со вторым типом карста нередко связано коржение, отдельные вывалы и обрушения, а также повышение обводненности, чаще в виде усиленного капеза, иногда — струйных истечений. Такие явления наблюдаются при подработке трещин-жил, закарстованных выше промышленного пласта. Затрудненные условия отработки лавы 16 на девятой панели шахты им. Кирова были связаны с аналогичным случаем. Здесь отмечены сближенные трещины разных направлений, а вдоль некоторых трещин-жил кровля крайне неустойчива и, начиная с пролета 20 м, обрушилась мощностью 0,3 м по обеим сторонам от трещины на 2–3 м.

Необходимо отметить, что обрушения кровли происходят не только из-за карста типа 2, но нередко по обстоятельствам чис-

то технического характера в нормальных геологических условиях. Появление "гнилой кровли" может быть связано и с карстовыми нарушениями типов 3 и 4, в местах их вклинивания, когда зона замещения "уходит в кровлю"; здесь часто наблюдается перистое или веерообразное расположение карстовой трещиноватости. При ведении очистной выемки вблизи таких участков посадка кровли вслед за подвиганием забоя происходит быстрее и сразу на большую величину по сравнению с нормальными условиями; непосредственная кровля здесь значительно выше 4 м.

Около карстовых нарушений типа 2 целиков не оставляют, но иногда приходится останавливать очистные работы. На шахте 3 в конце отработки столба лав 19-20 на четвертой панели резко ухудшились условия выемки. Вблизи сборного штрека с начала января 1961 г. из трещины закола пошла вода с расходом около $7 \text{ м}^3/\text{час}$. В последующие дни заколы повторялись все чаще и по линии забоя лавы 20 обильно поступала вода непосредственно в рабочее пространство. Для поддержания трещиноватой неустойчивой кровли потребовалось поставить значительное количество деревянной крепи, подвигание очистного забоя замедлялось. Значительная обводненность и опасность обрушения кровли наряду с большим расходом крепежного леса и снижением производительности труда вызвали необходимость закрыть лаву к 6 января, а неотработанные 28 м отнести в целик. Здесь, по-видимому, был встречен карст типа 2а или 2б, поскольку зона заколов распространилась в ширину на 35 м, а закарстованность северо-восточных трещин по промышленному пласту не отмечена. С подобным нарушением связана отчетливо выраженная мульдообразная депрессия почвы промышленного пласта.

Аналогичная картина наблюдалась при отработке камер-лав 3-4 на четвертой панели той же шахты, где ширина структурной зоны около 25 м и отчетливо выражена мульда. На панели 22 шахты 3 обрушения кровли, связанные с карстом типа 2, произошли в камере-лаве 2, где на площади 260 м^2 обрушилась порода слоем 0,8 м; на сборном штреке 2а - на площади 50 м^2 слоем 0,2 м. Все эти деформации произошли через один-три месяца после прохождения горных выработок. В южном крыле этой шахты

на конец 1966 г. из 29 случаев обрушений (включая мелкие), зарегистрированных шахтной геологической службой, к карсту типа 2а следует отнести не более 4-5, т.е. около 15%. На шахте им. С.М.Кирова к такого же рода деформациям можно отнести пять случаев. Следует заметить, что в практике шахтной геологической службы такие нарушения обычно не фиксируются в качестве проявления карста при геологической документации, поскольку в горных выработках нет зоны замещения, к которой приурочены карстовые нарушения. На всех четырех шахтах имеется свыше 20 случаев проявления карста типа 2; многие из них не зарегистрированы.

Тип 3 развит в породах промышленного пласта и кровли. В отличие от предыдущего в период образования этого типа карста инфильтрационные воды, преодолев водоупорные слои в кровле, проникли по трещинам северо-восточного простирания в промышленный пласт и произвели в нем существенные преобразования пород, в результате чего сформировалась зона замещения и окаймляющие ее другие структурные зоны. Такое проникновение карстовых вод было возможно при более низком положении местного базиса эрозии, обеспечивавшим неинтенсивный водообмен, лишь частично выносящий продукты разложения за пределы формирующегося карстового нарушения. Одновременно происходили изменения в структуре и условиях залегания пород. В зависимости от геохимической активности и длительности воздействия карстовых вод структурные зоны приобрели различные размеры на отдельных участках закарстования. В современном состоянии большое значение (с практической точки зрения) имеет пространственное положение каждой зоны и, в первую очередь, зоны замещения как наименее устойчивой. В связи с этим тип 3 подразделяется на три подтипа в зависимости от ширины зоны замещения на уровне промышленного пласта и непосредственной кровли.

Подтип 3а характеризуется наименьшей величиной зоны замещения — от нескольких дециметров до 1-2 м. Подтип относительно легок по условиям проходки. Зоны дробления в среднем имеют протяженность около 1,5, а зоны трещиноватости — 2-3 м. В ряде случаев подтип обрабатывается без оставления целика.

Примером этого подтипа могут служить пункты вскрытия 1-У¹^х), 1-IX, 1-X, 1-XIII, 1-XIV, 1-XVI, 1-XVII, 3-XII, 3-XXI, К-1, К-XI, К-XXVI и др.

При обработке лавы I8 в третьей панели шахты 3 этот вид карста вызвал необходимость сократить длину лавы с 60 до 42 м. Вблизи закарстованной трещины с очень небольшой зоной замещения происходило постоянное отслаивание кровли, сопровождаемое усиленным капежом. В пргкарстовой мульде постоянно скапливалась вода, мешавшая нормальному ходу работ: мощность первого слоя сланца уменьшилась на 8%; гипсометрия подошвы была весьма неровной, что также неблагоприятно отразилось на производительности очистных работ.

В качестве другого примера можно привести карст XII на девятой панели шахты им.С.М.Кирова. Состояние кровли в лавах I5-I6, отстоящих в I5 м от зоны замещения, было удовлетворительным, за исключением I0-метрового участка, попадавшего в зону дробления, где кровля была сильно обводнена, и в рабочем пространстве отмечалось коржение. Трещина-жила, с небольшой зоной замещения, проходила посередине лавы. В рабочем пространстве наблюдались вывалы и обрушение коржа до 0,3 м. Целик не оставлялся. Лавы I5-I6 на всем протяжении столба были отработаны с несколько усиленной частотой крепления; состояние кровли было удовлетворительным.

Подтип 3б характеризуется более мощной зоной замещения, в среднем 5-6, иногда до 8-10 м, соответственно большими изменениями в условиях залегания слоев и понижением общей устойчивости пород кровли. Однако почва карстопроявлением (как в подтипах 3а и 3в) не захвачена. Ширина зон дробления в среднем 5,5-6 м, причем в данном подтипе уже заметна асимметрия строения карстового нарушения. Величина зон трещиноватости ориентировочно 9-11, а общая ширина карстового нарушения в среднем около 37 м. Для разреза пород кровли характерно увеличение ширины зоны измененных мощностей (приблизительно соответствующей зоне трещиноватости в кровле) по мере прослежи-

^х) Первая цифра обозначает номер шахты, вторая - карстового нарушения на данной шахте.

вания плотностного разреза вверх от промышленного пласта (например, в карстовых нарушениях 1-IV, 1-VIII, 3-XIXa).

Такая же тенденция, но в меньшей степени, характерна и для подтипа 3а. Подтип 3б обычно попадает в группу карстовых нарушений, для которой характерно значительное превышение размеров зоны трещиноватости над зоной дробления.

Расположение структурных зон в разрезе карстового нарушения контролируется, как показано ранее, карбонатометрическим методом. Для данного подтипа зона повышенной доломитизации обычно больше зоны дробления, установленной по визуальным наблюдениям; например, при подходе к карсту 1-IV аномальное значение доломитизации по известняку "плита" отмечено за 27 м до границы зоны замещения, а по первому слою сланца за 16 м, тогда как работами 1963 г. ширина зоны дробления определена в 13 м. Аналогичное положение отмечено для карста 1-VIII.

В условиях непосредственной близости этого типа карста (карст 1-XXV) отрабатывались лавы 7-8 на шестой юго-западной панели шахты 1. Влияние карста на поведение кровли было незначительным; обводненность небольшая — капез в зоне трещиноватости; предельный пролет (16-18 м) был таким же, как и в геологическом фоне.

К данному подтипу, кроме упомянутых, относятся карстовые нарушения 1-XVI, 1-XX, 1-XXV, 2-VII, K-XIX и др. (всего 21 нарушение), причем число пересечений их штреками значительно выше.

Подтип 3в отличается от предыдущего большим развитием зоны замещения, ширина ее варьирует от 8,5 до 18,2 м, в среднем составляя 11 м. Остаточная глина развита чаще всего по первому слою и, в меньшей степени, по второму; зона дробления от 1,5 до 16, в среднем 7 м, зона трещиноватости 14-16 м. Нарушения имеют асимметричное строение. Вскрыто всего лишь 7 нарушения этого подтипа, к ним относятся 1-IV, 1-XXII, 3-VIII, 3-XXII, K-XXII и др. Данный подтип мало распространен, так как при широкой зоне замещения чаще всего нарушается почва промышленного пласта и этот подтип переходит в 4в.

Тип 4 обусловлен проникновением инфильтрационных и ин-

флюационных вод в нижний этаж закарстованности, вследствие чего преобразованию подверглись породы нижней части кукерского горизонта (преимущественно по керогенсодержащим прослоям и пропласткам серого известняка) и различные пачки карбонатных пород таллинского горизонта. Изменение пород происходило в сфере влияния закарстованных северо-восточных тектонических трещин (в том числе трещин-жил типа 2), рассекавших весь массив. Поэтому закарстованными в той или иной степени являются не только указанные нижние, но и верхние ритмы, а также породы вышележащих горизонтов, включая везенбергский, как это показано разведкой карста XVI на шахте 3.

В связи с более глубоким проникновением карстовых вод в глубь массива преобразование пород на уровне промышленного пласта происходило интенсивнее; поэтому структурные зоны шире, чем в типе 3, что видно из сопоставления соответствующих подтипов (а, б и в).

В типе 4 степень карстовой трещиноватости, обводненности и нарушенности в залегании слоев также выше, таким образом, горно-технические условия для данного типа сложнее, чем для рассмотренных выше.

Подтип 4а, как и его аналог 3а, характеризуется узкой вертикальной зоной замещения и менее развитыми зонами дробления и трещиноватости, но в отличие от подтипа 3а зоны уходят в почву промышленного пласта. Почва обычно приподнята, кровля промышленного пласта опущена. В этом подтипе четко прослеживается основная трещина-жила, от которой развивался карстовый процесс (в его специфической форме) в породах промышленного пласта, почвы и кровли. Никаких полых форм при этом обычно не образовывалось. В единичных случаях, например, в дренажном штреке шахты 1, в породах почвы отмечены небольшого размера (до 0,1 м) карстовые каналы (в серых известняках) извилистой формы, незаполненные или частично заполненные продуктами разрушения.

По плотностному разрезу и по степени доломитизации зоны трещиноватости и дробления в кровле шире, чем устанавливаемые визуально в промышленном пласте.

Подтип 4а в горно-техническом отношении несложен, но тем не менее вскрытие его очистными выработками нарушает нормальный ход работ; зона замещения и обе зоны дробления оставляются в целюлке, так как кровля над ними неустойчива. Примером служит карст УПб в 35-й панели шахты 2, вскрытый панельными штреками. Ширина зоны замещения здесь всего 0,5 м; в опущенном юго-восточном крыле отмечается система частных трещин, параллельных основной трещине-жила. У последней наблюдается сужение пласта на 20% по мощности (кровля опущена, почва приподнята) в основном за счет первого рабочего слоя сланца и известняка "кулак". В северо-восточном направлении зона замещения выклинилась. Таким образом, в прилегающих лавах прослеживаются только зоны дробления и трещиноватости, а по оси нарушения располагается незакарстованная трещина-жила. В юго-восточном крыле нарушения при проходке нарезных штреков происходили обрушения кровли и из-за ее неустойчивости и обводненности часть подготовленных запасов пришлось оставить неотработанными; лавы 5 и 6 сокращены на 120-180 м.

К подтипу 4а относятся многие нарушения в шахте им.С.М.Кирова (К-Х, К-ХIV, К-ХVI, К-ХХ, К-ХХШ, К-ХХУ, К-ХХХ и др.); в шахте 3 к нему отнесены нарушения 3-1а, 3-ХVI, 3-ХVII и др.; меньше их встречено в шахтах 1 и 2.

Подтип 4б отличается от предыдущего большим развитием структурных зон (по ширине и интенсивности изменения) и усложнением условий залегания закарстованных пород в слоях кровли, промышленного пласта и почвы. Зона замещения имеет более сложную конфигурацию, что нередко связано с закарстованием двух и более сближенных северо-восточных трещин. По карбонатометрии первого слоя сланца размеры зоны повышенной доломитизации близки к размерам структурной зоны дробления (2-ХУ, 3-1). К данному подтипу относятся 32 нарушения. В качестве примера приведем условия отработки лав 18 и 19 вблизи карста ХХ на 29-й панели шахты 2. Бортовым штреком была вскрыта зона дробления этого карста на границе с зоной замещения. Кровля здесь оказалась сильно нарушенной. В зоне дробления наблюдалось усиленное коржение, сопровождаемое частым капезом. Обводненность очистных

выработок была бы еще выше, если бы не сдrenирование данного карста в предшествующее время выработками восьмой панели, благодаря чему при отработке лавы I9 в зоне трещиноватости состояние кровли было удовлетворительным, и лишь на отдельных участках происходило обрушение небольших по площади коржей по 0,10-0,15 м; предельный пролет для непосредственной кровли составил 22-24 м. Часть лавы I8 была отработана при оставлении оградительного целика шириной 8-9 м до зоны замещения.

В аналогичных условиях происходила отработка участка в зоне влияния группового карста XIV и XIVa в шестой панели и лавы 5-6 в 24-й панели шахты 3.

Подтип 4в характеризуется наиболее сложными условиями. Для него характерна широкая зона замещения весьма сложного строения, значительные деформации в слоях кровли и почвы.

Из-за интенсивного преобразования пород карстовым процессом смещение слоев в кровле достигло наибольших размеров. Максимальное прогибание в кровле отмечается в пределах зоны замещения, иногда дробления. Например, в карсте 2-У смещение в осевой части нарушения составило 3-4 м по сравнению с геологическим фоном. Чаше карст имеет асимметричное строение. Характерным для подтипа является групповое расположение сближенных карстовых нарушений (двойные, тройные). В плане эти несколько нарушений как бы сливаются в одно более мощное или происходит разветвление из одного нескольких, а также параллельное и кулисообразное расположение мелких нарушений вдоль основного длинного.

С этим подтипом связываются наибольшие осложнения при разработке месторождения (лавы 5-6 в шестой панели и лавы 20-21 во второй юго-западной панели шахты 1; лавы 1-2 и первый блок камер десятой панели, первый блок восьмой панели, третий блок шестой панели, большинство блоков 22-й и 24-й панелей на шахте 3 и др.). Почти во всех отработанных очистных участках оставались целики, близкие по размерам к зоне дробления. Как указывает С.Н.Жарков (1956 г.), целики эти, хотя и состояли преимущественно из нарушенных пород, но случаев раздавливания их не было. Поэтому делается вывод, что

породы в зоне дробления сохраняют несущую способность как матерьял целика.

Тип 5 развит только в породах почвы, ниже промышленного пласта, на глубине от 10–12 до 23 м и более. Он связан с несколькими горизонтами закарстованности нижнего этажа и приурочен главным образом к более чистым известнякам от ритма 26 и ниже. По своей морфологии отличается от трех предыдущих типов, но имеет сходство с типом 1, так как выражен в основном полыми формами, образовавшимися в зоне горизонтальной циркуляции карстовых вод. Во время разведки месторождения и при бурении технических скважин такие карстовые полости вскрывались скважинами и отмечались по провалу бурового инструмента. При небольших размерах полостей свод над ними устойчив, а при значительных размерах с течением времени происходит постепенное обрушение вышележащих слоев, пустое пространство в сфере occupation перемещается вверх и достигает промышленного пласта. В последнем образуются деформации, аналогичные сдвигению пород над выработанным пространством. Но сама деформация слоев промышленного пласта, а иногда и его кровли, обусловлена не активным карстопроявлением на уровне промышленного пласта, а лишь следствием коррозионной деятельности карстовых вод на глубинах значительно ниже промышленного пласта.

На этом основано подразделение типа 5 на подтипы 5а и 5б. Именно последний из них и представляет опасность для ведения горных работ, так как в этом случае может произойти обрушение в подошве горной выработки, если разделяющий слой невелик и не выдерживает дополнительной нагрузки от горных механизмов, шахтного транспорта или вследствие сотрясения от взрывной волны.

Подтип 5а характеризуется наличием различных по форме карстовых полостей, расположенных в виде системы сообщающихся пустот, древних карстовых водотоков и более мелких трактов, разработанных по плоскостям напластования, в ряде случаев с расширением на участках пересечений трещин северо-восточного и северо-западного простиранья. Такие пустоты иногда частично заполнены обломками доломитизированных пород, известковис-

той глиной, доломитовой мукой.

Размеры пустот по вертикали от 0,2 до 3,5 м. В стенках карстовых полостей породы выщелочены, кавернозны, доломитизированы, иногда ожелезнены или покрыты мелкими кристаллами сульфидов. Некоторыми скважинами пустоты зафиксированы на глубине менее 12 м от промышленного пласта: 3,8—4,0; 4,7—5,4; 4—4,6 м, но в этих случаях признаков кавернозности, сульфидизации, выщелоченности и повышенной доломитизации не отмечено, что, очевидно, объясняется окуплением нижерасположенных, действительно карстовых полостей. С последними всегда связана повышенная водообильность скважин, приток из некоторых подземных скважин при самоизливе достигал 120 м³/час.

Наиболее интересным случаем вскрытия глубинных форм карста данного подтипа является встреча их наклонными стволами Объединенной шахты. Здесь произошли прорывы воды, во втором, а затем в первом наклонном стволе при достижении последней отметки минус 52,4 м (на 13,8 м ниже подошвы промышленного пласта). До момента прорыва ствол не был обводнен, что указывает на водоупорные свойства пород нижней части кукерского (около 5,3 м) и верхней части таллинского (8,5 м) стратиграфических горизонтов. При отпалке шпуров 7/IX-1965 г. из основания ниши камеры натяжных устройство подъемного ствола внезапно и под большим напором (до 3 атм) хлынула вода. За несколько часов она затопила камеру, часть ствола (до отметки минус 41 м) и сбойку с соседним стволом, который до этого (вследствие первого прорыва) был отделен глухой перемишкой от ствола 1. В аварийном порядке были смонтированы насосы, которые откачивали воду, подавая ее через главный откаточный штрек в выработки шахты 3. На данный прорыв реагировали снижением на 2—3 м уровни ряда скважин на шахте 3, несколько меньшим снижением на шахте 2, а также прорыв 1—10 в шахте 1. Сфера влияния прорыва 2—5 в разных направлениях составила свыше 2,6 км. На шахте 3 это вызвало уменьшение водопритоков из прежних прорывов, но увеличило общий шахтный водоотлив в результате сброса откачиваемой воды из затопленных стволов. После их откачки до первоначального положения все время под-

держивался водоотлив из обнаруженной полости с расходом около $100 \text{ м}^3/\text{час}$. Бурением обнаружены новые полости и карстовые тракты, причем интересно отметить, что некоторые из них приурочены к тектоническим трещинам северо-западного направления. Из-за ненадежности закарстованного основания камеры пришлось углубиться в ее подошву, расчистить все каверны и забетонировать пустоты. При углублении создалась возможность обследовать основной карстовый канал к северо-востоку и юго-западу от первоначального пункта прорыва. Свод канала в ряде мест обвалился, образовались глыбовые скопления в его основании, а кровля стала здесь совершенно ровной, без следов коррозии и доломитизации. Обследовав этот карстовый канал, можно было непосредственно наблюдать результаты окупления карстовых пустот. Необходимо отметить, что на стенках карстового тракта имеются выделения кристаллов сульфидов, но нигде не встречаются натечные образования; это дает основание предполагать, что обследованный карстовый тракт не попадал в зону аэрации, а всегда находился в зоне постоянного водонасыщения.

Подтип 5б представляет собой карстовое образование полой формы, процесс окупления свода которого распространялся до промышленного пласта. Этот подтип можно сопоставить с карстовым провалом, встречающимся на поверхности земли в закарстованной местности. На уровне промышленного пласта форма окупленной части свода эллипсоидная, иногда близкая к окружности, свойственная обычным провальным карстовым воронкам на поверхности. При этом никаких признаков карстового изменения в составе и условиях залегания слоев промышленного пласта вблизи такого карстового провала не отмечается. Этим он резко отличается от типов 3 и 4. Встреча подобных карстовых провалов горными выработками всегда неожиданна и сопровождается интенсивным прорывом воды. Типичным примером является вскрытие карстового нарушения типа 5б в семнадцатом бортовом штреке восьмой панели шахты 1 (прорыв воды 1-10). Прорыв произошел 20/УП 1965 г. при подрубка лавы вблизи бортового штрека; вода пошла из врубовой щели на высоте 0,3 м от подошвы пласта. После взрывания шпуров открылось воронкообразное углубление,

в которое обрушилась порода после отпалки. Предварительные промеры показали, что полне формы, уходящие под наклоном вниз, имеются и под штреком, и в противоположной стороне. По замерам 22/ХП-1965 г. расход воды из очага прорыва составил $26,4 \text{ м}^3/\text{ч}$. Вода выходила чистая, периодически выделялись пузыри газа (преимущественно азота) со слабым запахом сероводорода. Вскрытие этой полости и прорыв воды из нее вызвали опасение возможной связи прорыва с р. Кушелкой^{х)} и распространения пустот под действующей и соседней парой лав. Для выяснения этих вопросов, а также изучения морфологии карстового нарушения Ленинградским горным институтом совместно с работниками шахт проведен комплекс исследований. Гидрохимическим методом установлено, что вода прорыва связана не с р. Кушелкой, а с таллинским водоносным горизонтом. С целью определения конфигурации подводной части полости были привлечены спелеологи-аквалангисты. Один из них в легком водолазном костюме 20/Х-1965г. спустился в карстовый провал и сделал необходимые промеры. Выяснилось, что в середине подводной части имеется конусообразное возвышение из глибового навала, покрытого илом, а по краям, особенно в северном и южном направлении, далеко уходящие и сужающиеся книзу шелеобразные углубления. Доступная обследованию глубина в этих местах провала составляла 3-4 м, считая от подошвы штрека. Более обстоятельную съемку в подводных условиях не удалось произвести вследствие большой мутности воды.

Другим примером карста типа 5б может служить провал, вскрытый 13/Х-1966 г. в четвертом сборном штреке панели 29 шахты 2. Здесь произошел прорыв воды 2-8 (с начальным притоком $32 \text{ м}^3/\text{час}$) со стороны проема в левой стенке штрека; через проем, образовавшийся после отпалки шпуров, можно было осмотреть мульдугу проседания над карстовым провалом, который произошел, по-видимому, в закарстованных известняках таллинского горизонта. На уровне промышленного пласта заметно лишь обрушение слоев, дошедшее в промышленном пласте до известняка "плита".

х) На поверхности р. Кушелка протекает в 55 м от пункта над очагом прорыва.

Форма провала эллипсоидная с осью по азимуту 60° , длина 7, ширина 2,8 м. Большая степень нарушенности пород наблюдалась у северо-восточной части мульды, где величина разрыва (пустота) составляла 0,6 м; здесь же был основной источник поступления воды, а в юго-западной части отмечалось лишь плавное прогибание второго и третьего слоев. Кровля в зоне провала совершенно ровная, без трещин и признаков карста, свойственных нарушениям типов 3 и 4. Никаких отличий в строении пласта от обычных геологических условий не наблюдалось и в сборном штреке. Судя по размерам мульды обрушения, первоначальная плоскость в таллинском горизонте была еще больше, чем в описанном ранее случае. На этой же шахте зафиксировано еще два случая карстового провала типа 5б.

Ревизия материалов по прежним прорывам воды показала, что многие из них, особенно на шахте им.С.М.Кирова, связаны с карстовыми нарушениями типа 5б. Общее число таких случаев доходит до 30.

Распространение и основные параметры карстовых нарушений различных типов в освоенной части месторождения

С горногеологических позиций, с точки зрения разведки и прогноза карста большое значение имеют размеры наиболее распространенных карстовых нарушений и их повторяемость на площади месторождения. Ниже приводятся соответствующие статистические данные и некоторые результаты их обработки.

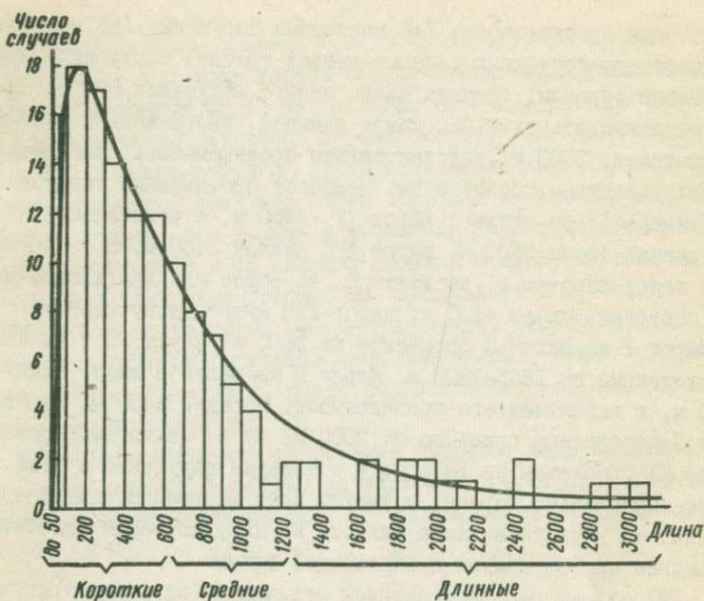
В пределах отработанной площади Ленинградского сланцевого месторождения (по состоянию на середину 1967 г.) горными выработками на горизонте разработки вскрыто 146 карстовых нарушений типов 3 и 4. Из них наибольшее число — 47 нарушений — встречено выработками шахты 1; 35 — шахты 3, 34 — шахты 2 и 30 — шахты им.С.М.Кирова. В последней два нарушения отнесены к типу 2. Ежегодно на всех шахтах вскрываются около 8—10 нарушений.

Общая протяженность 146 карстовых нарушения (по простиранию северо-восточных закарстованных трещин) составила 83,4 км. Таким образом, средняя длина одного нарушения 570 м, самое короткое из них — 25, самое длинное, прослеженное горными выработками, 3000 м; действительная протяженность длиннейших из них, очевидно, более 3 км. Наиболее протяженные карстовые нарушения: 1) на шахте 1 карст IV 2450 м, а возможное его протяжение около 2800 м, карст XUI длиной 2400 м, а если увязать его с карстом XI на шахте 2, то общее его протяжение может составить около 4100 м; карст XXII имеет длину 2150 м; 2) карст V на шахте 2 прослежен на 2800 м, карст VII и IX соответственно на 1855–1900 м. Карст II на шахте 3 имеет длину 3000 м, а вероятная его протяженность порядка 3400 м; карсты IV и V прослежены примерно на 2000 м; 3) на шахте им. Кирова карст VI прослежен на 1875 м, а остальные нарушения в этой шахте значительно короче; с учетом всех нарушений разной протяженности вероятная длина каждого из них, по нашим подсчетам, в среднем на 20% больше прослеженной длины.

Наибольшим распространением отличаются нарушения (рисунок) протяженностью 100–200 м, наименьшим — свыше 2500 м. Если разделить пополам площадь фигуры, ограниченной указанной плавной кривой и осью абсцисс, то прямая, разделяющая эти две части площади, будет соответствовать протяженности нарушений в 600 м. При таком же разделе второй части фигуры получим значение протяженности нарушений в 1200 м. На основе полученной закономерности все карстовые нарушения подразделены нами на три класса (табл.1): короткие — от 25 до 600 м (средняя длина около 300 м), средние — от 600 до 1200 м (средняя длина 800 м) и длинные — от 1200 до 3000 м и более (средняя длина около 2000 м).

Первый класс отвечает 50% всех случаев вскрытия карстовых нарушений, на второй и третий приходится по 25%.

Число и протяженность средних и длинных нарушений в целом увеличивается при прослеживании их с северо-запада на юго-восток (табл.1).



Распространение карстовых нарушений различной протяженности

Таблица 1

Шахта	Классы карстовых нарушений									Всего	
	короткие			средние			длинные				
	Общее число	Процент	Средняя длина	Общее число	Процент	Средняя длина	Общее число	Процент	Средняя длина	Общее число	Процент
Им. С. М. Кирова	26	83	270	4	13	800	1	4	1875	30	100
2	19	56	255	8	23	785	7	21	1700	34	100
1	28	80	280	15	32	800	4	8	2080	47	100
3	23	67	215	7	18	850	5	15	1820	35	100
Итого	96	65	280	34	23	800	17	12	1875	146	-

Если рассматривать повторяемость карстовых нарушений по падению промышленного пласта, спроектировав все нарушения под средним азимутом 53° на одну прямую, проведенную вкrest простирания северо-восточных трещин, то в среднем через 550 м встречается один длинный карст, через 300 м средний и через 150 м короткий. В целом, на всей отработанной освоенной площади через каждые 100–120 м по падению пласта располагается одно карстовое нарушение.

По простиранию в среднем через 4 км встречается один карст на одной и той же северо-восточной трещине.

В действительности картина распространения карстовых нарушений по падению и простиранию гораздо сложнее; закономерность появления закарстованных трещин в явной форме не выявлена и может быть учтена только очень приблизительно на основе математической статистики. Фактически наблюдаются расстояния между смежными нарушениями от 5 до 600 м. Одним панельным штреком пересекается от одного до шести разных нарушений, на 1 км длины штрека в среднем приходится 1,5 нарушения. Параллельными штреками крупное нарушение пересекается до пяти-семи раз. Коэффициент пересечений штреками одного нарушения в среднем составляет 1,4. Используя сводный каталог всех учтенных нарушений, получим следующее количественное соотношение подтипов (табл.2).

Таблица 2

Распределение карстовых нарушений типов 3 и 4

Шахта	Т и п											
	3					4					3 и 4	
	3а	3б	3в	Общее число	Про- цент	4а	4б	4в	Общее число	Про- цент	Общее число	Про- цент
Им. С. М. Кярова	6	3	1	10	7	12	7	1	20	14	30	21
2	4	3	2	9	6	3	9	13	25	17	34	23
1	10	13	1	24	16	5	9	9	23	16	47	32
3	1	2	3	6	4	9	7	13	29	20	35	24
Итого	21	21	7	49	33	29	32	36	97	67	146	100

По количеству учтенных случаев подтипы 3а и 4а преобладают на поле шахты им.С.М.Кирова; подтипы 3б и 4б на поле шахты 1 и подтипы 3в и 4в – на поле шахты 3.

Характеристика классов (по длине) карстовых нарушений по подтипам приводится в табл.3.

Таблица 3

Шахта	Средняя длина карстовых нарушений по подтипам									Общая длина, м
	3а	3б	3в	Тип 3	4а	4б	4в	Тип 4	Типы 3 и 4	
Им.С.М.Кирова	300	370	90	300	380	500	775	440	390	11800
2	250	1215	350	600	445	770	710	700	670	22830
1	430	630	2450	625	545	460	735	590	610	28450
3	75	75	920	500	115	610	820	600	580	20320
Среднее	340	620	855	540	330	590	800	590	570	83400

Данные табл.3 свидетельствуют о том, что подтипы 3а и 4а относятся к классу коротких, подтипы 3в и 4в – к классу средних, а подтипы 3б и 4б занимают промежуточное положение и, вместе с тем, отвечают средней протяженности карстовых нарушений по вариационной кривой. Между подтипами и их длиной, а также между одноименными подтипами (3а и 4а, 3б и 4б, 3в и 4в) существует объективная закономерность, в известной мере подтверждающая принципиальную сторону принятой типизации.

Результаты исследований карста в 1963–1967 гг. дали возможность определить средние значения (параметры) по подтипам карстовых нарушений на горизонте промышленного пласта и непосредственной кровли (табл.4).

Из данных табл.4, зная протяженность структурных зон, можно получить представление о степени закарстованности на горизонте промышленного пласта по действующим шахтам. Для этого были предварительно определены средние величины параметров структурных зон по отдельным шахтам, а затем найдены площади закарстованности по подтипам для каждой шахты (табл.5).

Таблица 4
Размеры структурных зон по подтипам карстовых нарушений

Под- типы	Ширина структурных зон, м									Общая ширина по внешним границам зон	
	замещения			дробления			трешиноватости				
	Предел	Число случаев	Средняя	Предел	Число случаев	Средняя	Предел	Число случаев	Средняя	дробления	трешиноватости
3а	0,1-2,0	8	1	0,5-3	8	1,5	2-6	8	2,5	4	9
3б	2,2-10	11	5,5	1,7-20	11	3,7	4-35	11	10	17	37
3в	8,5-18,2	6	11	1,5-16	6	7	6-35	6	15	25	35
4а	0,1-2	19	1	1,1-20	19	6	2-27	18	8	13	29
4б	2-10	38	6	1,5-24	38	7,5	8-48	38	12	21	45
4в	8-49	53	18	3-30	48	8,5	7-76	45	19,5	33	72
Среднее	0,1-49	135	10	0,5-30	130	6	2-76	136	13	22	48

Таблица 5
Площади закарстованности по внешним границам дробления, тыс.м²

Шахта	Площадь закарстованности по подтипам						Общая закарстованность
	3а	3б	3в	4а	4б	4в	
Им. С. М. Киро- ва	6,170	16,700	1,800	44,700	78,000	28,700	176,070
2	4,130	58,400	21,700	8,090	174,500	293,000	559,760
1	17,140	146,000	51,500	13,920	52,000	190,500	471,060
3	0,340	2,900	88,100	7,070	91,000	446,000	635,730
Всего	27,780	223,700	163,600	73,720	366,100	958,200	1842,800

На основании данных табл. 2-4 получим итоговые результаты по шахтам:

	Им. С. М. Кирова	1	2	3	Итого или средняя величина
Общая площадь, км ² (F)	5,38	12,82	10,70	8,32	35,22
Закарстованная площадь, км ²	0,178	0,560	0,471	0,636	1,843
Закарстованность (по внешней границе зон дробления), %	3,3	4,4	4,4	10,0	5,2
Общая длина карстовых нару- шений, км (L)	11,8	22,8	28,5	20,3	83,4
Средняя протяженность одного карста, м	390	670	610	580	570
Средняя ширина одного карста м	15,0	24,5	16,4	31,8	22,0
Средняя площадь одного карста, тыс. м ²	5,87	16,45	10,0	18,3	12,6
Общее количество карстовых нарушений	30	34	47	35	146
L/F	2,2	1,8	2,7	3,2	2,4

Можно сделать следующие выводы. Во-первых, статистические данные показывают, что степень закарстованности на освоенной части месторождения (по горизонту промышленного пласта) увеличивается с северо-запада на юго-восток, т.е. приблизительно по падению промышленного пласта и вкrest простирания северо-восточных тектонических трещин. Следовательно, закарстованность массива нельзя связывать с современным базисом эрозии. Есть основание предполагать, что, наряду с выявленной нижедевонской палеодолиной к северу от шахтных полей, может быть выявлена аналогичная палеодолина и на юго-востоке от шахтных полей, к которой также происходил сток карстовых вод в древний цикл развития карста. Во вторых, средняя ширина и площади карстового нарушения увеличиваются от поля шахты им. С. М. Кирова к полю шахты 3; в этом же направлении изменяется соотношение подтипов карста от более легких (3а и 4а) к более тяжелым (3в и 4в). Следовательно, горно-технические условия разработки также осложняются в указанном направлении.

Зона замещения составляет 45% от средней ширины карста по внешним границам зон дробления (см. табл. 4). Таким образом процент закарстованности по зоне замещения на всех шахтных

полей составляет 2,3 + 2,4%. Эта цифра полностью совпала со средней величиной замещения слоев горючих сланцев глиной (2,4%), полученной М.С.Газизовым путем сопоставления суммарной длины зон замещения, пересеченных панельными штреками, с общей длиной этих штреков на всех четырех шахтах в 1963 г. (1974 — из 70130 м). Там же приводится цифра 7,8%, представляющая собой процентное отношение оставленных целиков у карстовых нарушений к суммарной длине штреков. Сопоставляя эту величину со средними параметрами карстового нарушения по М.С.Газизову, видим, что оставленные целики включают всю зону замещения и примерно 80% зон дробления. Следовательно, линейный коэффициент закарстованности, т.е. отношение суммарной ширины карстовых нарушений к общей протяженности штреков будет намного больше 7,8% (если границы нарушения принимать по зонам трещиноватости), а именно около 11%.

Сопоставляя теперь эти данные с данными Эстонского сланцевого месторождения, видим, что в последнем закарстованность ниже: по зоне замещения 1,3 и общая 5,5%, а повторяемость карстовых нарушений реже: одно карстовое нарушение в среднем располагается через 1,3 км^х.

Выявленное представление о степени и характере закарстованности Ленинградского сланцевого месторождения и предложенную типизацию следует учитывать при прогнозе и разведке карстовых нарушений и при планировании горнозащитных мероприятий.

^{х)} М.С.Газизов, Л.Г.Талъе. Исследование и разработка эффективных вод при камерной системе добычи на сланцевых шахтах Эстонской ССР. Изд. ИГД им. А.А.Скочинского, 1968.

Р.Э.Дашко

**ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЧНОСТИ ПОРОД ПРОМЫШЛЕННОГО ПЛАСТА
И НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ КРОВЛИ НА ЛЕНИНГРАДСКОМ
МЕСТОРОЖДЕНИИ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ**

Для оценки устойчивости подземных выработок Ленинградского месторождения горючих сланцев важным вопросом является изучение физико-механических свойств пород и, прежде всего, их прочностных характеристик.

Прочность выделенных типов пород исследовалась в лабораторных условиях на образцах естественной влажности. В основном испытывалась прочность пород на сжатие.

Инженерно-геологическая характеристика пород промышленного пласта. Механические свойства пород промышленного пласта исследовались для оценки устойчивости целиков различного назначения. Главное внимание уделялось изменению свойств пород в различных зонах карстового нарушения по сравнению с геологическим фоном (геологически ненарушенные участки). В геологическом отношении разрез промышленного пласта изучен с достаточной полнотой. Усредненный разрез (сверху вниз) в геологическом фоне следующий:

	Средняя мощность, м
Первый рабочий слой сланца	0,53
Известняк "двойная плита"	0,36
Второй рабочий слой сланца	0,27
Известняк "кулак"	0,14
Третий рабочий слой сланца	0,24
Известняк "синоха"	0,18

Исследования пород показали, что более слабыми являются горючие сланцы второго рабочего слоя: среднее значение их временного сопротивления сжатию 200 кг/см^2 (при влажности 10-13%). Более прочными оказываются первый и третий рабочие слои горючего сланца: средние значения их прочности равны соответственно 215 и 300 кг/см^2 (влажность сланца первого слоя - 8-9, третьего слоя - 7-9%). Различие в прочности сланцев обусловлено их физическими особенностями: различным количеством включений конкреций известняка, количеством микротрещин в породе и т.д. Разрушение сланцев при одноосном сжатии происходило по плоскости с наклоном к горизонту $57-59^\circ$. Это позволяет приблизительно определить угол внутреннего трения пород, который в данном случае может варьироваться в пределах $24 + 28^\circ$. Наиболее прочными породами в разрезе промышленного пласта являются известняк "двойная плита" - 650 и известняк "кулак" - 640 кг/см^2 ; известняк "синюха" оказывается менее прочным - средняя прочность 440 кг/см^2 . Угол внутреннего трения известняков, рассчитанный по углу наклона площади скола, в среднем имеет значение $32 + 34^\circ$.

Изменение физико-механических свойств пород промышленного пласта наблюдается во всех зонах карстового нарушения (табл.1).

З о н а т р е щ и н о в а т о с т и . Испытания пород на одноосное сжатие показывают, что в зоне трещиноватости намечается тенденция в сторону уменьшения прочности для известняков на $3 + 5$, для сланцев - на $5 + 15\%$.

З о н а д р о б л е н и я . В зоне дробления наблюдается качественное изменение литологических разностей, слагающих промышленный пласт, которое сказывается на их прочности. Процессы доломитизации резко повышают прочность известняков на сжатие, что обнаруживается только при испытании отдельных образцов (так называемого "куска"). Например, образцы известняка из "двойной плиты" дают увеличение прочности по сравнению с образцами геологического фона в два раза; почти в полтора раза увеличивается прочность образцов известняка из слоев "кулак" и "синюха". Химическое (окисление, вы-

Таблица 1

Значения временного сопротивления на сжатие $R_{сж}^2$ и разрыв R_p образцов пород промышленного пласта, кг/см²

Слой	Геологический фол		З о н ы					
	$R_{сж}$	R_p	трещиноватости		дробления		замещения	
			$R_{сж}$	R_p	$R_{сж}$	R_p	$R_{сж}$	R_p
Первый рабочий	<u>185-248</u>	<u>17-31</u>	<u>170-230</u>	<u>14-25</u>	<u>120-200</u>	<u>10-18</u>	1,5	-
	218/8	24/10	200/8	19/10	180/8	16/8		
Известняк "двойная шуга"	<u>600-720</u>	<u>45-60</u>	<u>680-690</u>	<u>42-57</u>	<u>890-1200</u>	<u>55-70</u>	<u>770-720</u>	<u>42-60</u>
	660/7	53/11	640/8	50/8	1100/5	60/8	650/7	50/8
Второй рабочий	<u>180-250</u>	<u>12-26</u>	<u>130-200</u>	<u>14-19</u>	<u>100-190</u>	<u>10-15</u>	1,5	--
	200/10	20/14	170/5	16/7	130/7	12/7		
Известняк "кулак"	<u>690-690</u>	<u>44-57</u>	<u>690-715</u>	<u>40-51</u>	<u>830-1000</u>	<u>40-58</u>	<u>795-1100</u>	<u>48-70</u>
	640/8	49/7	640/8	47/8	878/8	50/7	900/8	58/8
Третий рабочий	<u>260-330</u>	<u>20-31</u>	<u>220-320</u>	<u>20-28</u>	<u>180-236</u>	<u>14-24</u>	1,5	-
	300/10	24/15	288/7	25/8	210/5	19/7		
Известняк "синюха"	<u>680/510</u>	<u>34-50</u>	<u>400-510</u>	<u>38-50</u>	<u>410-690</u>	<u>35-52</u>	<u>600-1000</u>	<u>42-78</u>
	440/8	42/7	430/4	47,5	595/4	45/5	830/5	60/7

целачивание и др.) и механическое (дробление, сдавливание, выжимание) преобразование пород при карстовом процессе приводит к уменьшению прочности сланцев на сжатие. В зоне дробления наблюдается постепенное уменьшение прочности сланца от 20 до 35% и более. Самое резкое изменение прочности характерно для сланцев второго рабочего слоя (см. табл. 1).

З о н а з а м е щ е н и я имеет довольно сложное строение, разрез резко нарушен как по мощности, так и по литологической характеристике. Уменьшается мощность известняков, в их толще появляются тонкие прослои глинистого материала, однако доломитизация известняков еще резко сказывается на их прочности. Образцы известняка из слоев "синюха" и "кулак" дают более высокие значения прочности по сравнению не только с нормальной (фоновой) прочностью этих пород, но и с

x) Минимальное-максимальное значение показателя (числитель), среднearифметическое значение и число определений (знаменатель). Испытание проведено при естественной влажности.

прочность пород зоны дробления; не доломитизированные разности имеют пониженную прочность. Уменьшение прочности образцов "двойной плиты" часто связано с микротрещиноватостью, которая сказывается даже при испытании образца сравнительно небольших размеров и легко устанавливается по характеру разрушения породы.

Проследивая по зонам карста изменение сопротивления породы на разрыв (см. табл. 1), нетрудно заметить, что этот показатель изменяется в меньших пределах, чем сопротивление сжатию. Такая особенность объясняется спецификой деформирования образцов в различных условиях напряженного состояния: при растяжении трещиноватость пород увеличивается, при сжатии — уменьшается, вследствие чего доломитизированные, но значительно нарушенные породы известняка зон дробления и трещиноватости дают менее резкое увеличение прочности на разрыв (5 + 35%) по сравнению с прочностью образцов на сжатие.

Отмеченные закономерности и особенности физико-механических свойств пород промышленного пласта относятся только к отдельному куску (образцу) породы, рассматриваемому изолированно, вне массива. При рассмотрении работы целика необходимо считаться с тем, что он работает как единое целое, и учитывать следующие специфические особенности массива.

1. Неоднородность строения, выражающаяся в переслаивании пород с различными физико-механическими свойствами, в частности, с резко отличной прочностью. Следует отметить, что различие в прочности отдельных слоев увеличивается при переходе от нормальных условий (геологический фон) к зоне замещения карстового нарушения.

2. Породы в условиях естественного залегания являются монолитными; они разбиты сетью трещин как естественного, так и искусственного происхождения. Трещиноватость пород также возрастает от геологического фона к зоне замещения.

Рассмотрим подробно эти особенности и их влияние на свойства массива горных пород (целика). Исследования изменения прочности естественных образцов, состоящих из прослоев известняка и сланца, в зависимости от относительного содер-

жания сланца. как более слабого прослоя, свидетельствует, что зависимость имеет вид показательной функции и может быть представлена формулой.

$$R = R_n e^{-1,25c} \quad (1)$$

где R — прочность слоистого образца, кг/см²; R_n — прочность известняка (крепкого прослоя), кг/см²; c — относительное содержание сланца по мощности ко всей высоте образца, в долях единицы.

Все эти выводы справедливы для случая, когда соотношение прочности пород не превышает 3–5.

При оценке трещиноватости и ее влияния на прочность целлика необходимо отметить, что в общем случае для оценки прочности следует различать две группы трещин. К первой надо отнести крупные тектонические трещины, прослеживающиеся на сравнительно большом расстоянии друг от друга и являющиеся потенциальными поверхностями смещения, по которым может происходить разрушение массива. Такими трещинами в данных условиях являются тектонические трещины северо-западного и северо-восточного простирания. Ко второй группе относятся трещины, секущие массив на относительно небольшие блоки; к ним относятся трещины отдельности, кливажа и т.п. К этой же группе трещин для Ленинградского месторождения сланцев должны быть отнесены трещины, вызванные карстовой "тектоникой", которая определяет интенсивность и характер трещиноватости в различных зонах карстового нарушения.

Наименее рассечены трещинами породы зоны трещиноватости. В зоне дробления трещиноватость резко возрастает и уменьшается размер отдельного блока. Зона замещения характеризуется наибольшей раздробленностью пород. Наличие трещин второй группы заметно снижает прочность массива пород. Обе группы трещин относятся к трещинам естественного происхождения. Однако следует учитывать и искусственные трещины, образующиеся при ведении буровзрывных работ. На интенсивность трещинообразования при буровзрывных работах влияет в основном расстояние от центра взрыва и прочность пород на сжатие и растяжение.

В разрезе промышленного пласта наиболее трещиноватыми оказываются сланцы (в особенности сланцы второго слоя), а из карбонатных пород — известняк "синюха". Показателем интенсивности трещиноватости служат средние размеры блоков, на которых разбиты соответствующие слои промышленного пласта. Необходимо отметить, что основное направление трещин — нормально секущее по отношению к напластованию пород; перпендикулярно напластованию трещины ограничены контактами слоев.

В настоящее время не существует единого мнения о количественном учете влияния трещиноватости на снижение прочности деформирующегося массива. Часто при переходе от лабораторных значений прочности пород (прочности образца) к природным условиям пользуются либо произвольными коэффициентами запаса прочности, либо коэффициентами структурного ослабления, получаемыми на основе лабораторных испытаний и специальных натурных исследований.

В результате многочисленных полевых исследований характера трещиноватости в массиве горных пород и массовых лабораторных определений для оценки прочности массива ВНИМИ была предложена следующая эмпирическая зависимость:

$$C_m = \frac{C_k}{1 + \eta \ln \frac{H}{l}}, \quad (2)$$

где C_m и C_k — соответственно сцепление в массиве и образце (куске); η — некоторый эмпирический коэффициент, назначаемый по таблицам, в зависимости от прочности породы в монолитном образце и характера трещиноватости; H — максимальная зона деформаций в массиве, м; l — средний размер элементарного блока, м.

Формула применима для случая, когда поверхность обрушения не совпадает с поверхностями ослабления.

Г.Л.Фисенко^х [1] рекомендует применять указанную зависимость при решении горно-технических задач: расчет междукамер-

^х) Г.Л.Фисенко. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. "Недра", 1965.

ных целиков, определение параметров блоков обрушения, определение горного давления при креплении выработок. Вместе с тем автор отмечает, что по данной формуле получается занижение величины сцепления массива (против действительного значения) примерно на 20 + 30%. Учитывая вышеизложенное, можно оценить прочностные свойства целика, принимая во внимание его слоистое строение и трещиноватость (блочность). Полученные результаты можно принять как весьма ориентировочные, требующие дальнейшей проверки, поскольку формула (1) выведена для условий открытых выработок.

Расчеты показывают, что прослой слабых пород резко сказываются на уменьшении их прочности. Значения прочности образцов пород с учетом слабых прослоев, полученные по формуле (1) для фоновой зоны, оказались равными 340 кг/см^2 .

Влияние трещиноватости (блочности) на прочность пород в массиве учитывалось с помощью формулы (2). Значения размеров блока в различных зонах карстового нарушения принимались в соответствии с данными натурных замеров, и высота зоны деформации принималась равной высоте целика, т.е. мощности промышленного пласта. Исходными данными для получения сцепления породы в образце (C_k) служили величины временного сопротивления сжатию слоистых образцов, пересчитанных на однородное состояние по вышеприведенной методике, и угла внутреннего трения, который рассчитан, как указывалось, по углу наклона площадки скольжения к горизонту и равнялся в среднем 28° . Сцепление породы в массиве (C_m) определялось по формуле (2) (методика получения C_k , l и H в указанной формуле приведена выше).

Дальнейший пересчет от величины сцепления в массиве (C_m) к прочности на одноосное сжатие пород массива осуществлялся по формуле

$$R_m = \frac{2C_m}{\lg(45^\circ - \varphi/2)}, \quad (3)$$

где R_m — прочность пород массива.

Следует отметить, что прочность массива пород даже в

геологически ненарушенных участках не может быть принята равной прочности образца, поскольку массив и там не является монолитным. Для приближенного подсчета размер блока массива пород фона принимается близким к размеру деформируемой зоны ($l = 1,3 - 1,6$ м), при этом величина сцепления пород в массиве снижается до значения $57,5 + 88,5$ кг/см² (для последующих расчетов среднее значение — 72 кг/см²). Следовательно, временное сопротивление сжатию в массиве пород геологического фона должно быть 240 кг/см².

При размерах блоков в зоне трещиноватости $0,7 + 1,0$ м временное сопротивление сжатию пород в массиве, рассчитанное аналогичным образом, будет находиться в пределах $81 + 110$ кг/см², т.е. снижается по сравнению с фоновой прочностью массива в среднем на 62% ; в зоне дробления уменьшение прочности массива по сравнению с фоновой достигает 70% . В зоне замещения прочность массива пород составляет менее 20% от фоновой прочности.

При сравнении прочности массива пород геологического фона и массива пород зоны трещиноватости и дробления, рассчитанной с учетом поправочного коэффициента ($1,25$), получится значительно меньшее изменение прочности массива пород в соответствующих зонах карстового нарушения по сравнению с фоновой прочностью: в зоне трещиноватости на $25-45$, в зоне дробления на $45-68\%$.

Итоговые результаты согласуются с результатами экспериментальных исследований по моделированию целиков с трещиноватостью.

Несмотря на резкое уменьшение прочности пород за счет раздробленности, прочность все же остается достаточно высокой как в зоне трещиноватости — $125 + 175$, так и частично в зоне дробления — $100 + 125$ кг/см². Это подтверждается практикой горных работ, так как зона трещиноватости и частично зона дробления в ряде случаев отрабатываются в условиях рассматриваемого месторождения.

Х а р а к т е р и с т и к а п р о ч н о с т и п о р о д к р о в л и . В пределах Ленинградского месторожде-

ния максимальная высота зоны обрушения при наибольшей ширине пролета действующей подготовительной выработки не выше 4 м (исключая размеры куполов обрушения в очистных выработках на отработанных участках).

Детально физико-механические свойства кровли изучались для 4-метровой толщи (считая от кровли промышленного пласта) на керновом материале, полученном при разбурировании инженерно-геологических профилей в различных зонах карстовых нарушений - в кровле панельно-откаточного штрека I2 шахты 2 и панельно-откаточного штрека 4 шахты 3. Бурение в панельно-откаточных штреках предопределило геологических разрез, в котором отсутствовала пачка пород в 0,87 м (ритмы 3-4), имеющаяся в кровле вентиляционных, сборных и бортовых штреков, нарезных и очистных выработок и наиболее опасная с точки зрения обрушения. Поэтому инженерно-геологическая характеристика и оценка этой пачки рассматривается отдельно.

Породы кровли исследовались, чтобы установить закономерности изменения свойств пород от геологического фона до осевой части карстового нарушения, причем главное внимание уделялось изменению механической прочности пород кровли с учетом ее неоднородности, слоистости и трещиноватости.

Разрез кровли характеризуется большим разнообразием литологических типов, изменчивостью слоев по высоте залегания и мощности. Для обобщенной инженерно-геологической характеристики были выделены три группы пород, близкие по своим литолого-петрографическим особенностям и физико-механическим свойствам: а) сланцы горючие и глинистые (к этой группе отнесены и сланцы, содержащие в небольшом количестве конкреции известняка); б) карбонатные породы - известняки, глинистые известняки; в) породы, представляющие "переплетения"^x известняка и сланца, а также известняки с тонкими прослойками сланцев.

Основным видом испытаний механических свойств пород являлась оценка их прочности на сжатие и разрыв. Эти испытания

x) О значении этого термина - см. статью Г.А. Даниловой и др. в настоящем сборнике.

осуществлялись в лаборатории при влажности, близкой к естественной.

Сланцы геологического фона, залегающие в кровле, по своим характеристикам механической прочности (временному сопротивлению сжатию и разрыву) весьма близки к сланцам в промышленном пласте; среднее значение их прочности соответственно 230 и 24 кг/см², при этом значение влажности находилось в пределах 4 + 9% (меньшие величины влажности обычно относятся к образцам, содержащим большее количество включений конкреций известняка).

В зоне трещиноватости происходит снижение прочности сланцев. Особенно отчетливо эта закономерность прослеживается на показателе временного сопротивления сжатию, который уменьшается приблизительно на 25%. В зоне дробления прочность сланца по временному сопротивлению на сжатие снижается на 30–40% по сравнению с фоном. Характер изменения прочности сланца в образце в перечисленных зонах карстового нарушения аналогичен изменению прочности сланца в промышленном пласте.

В зоне замещения сланцы кровли преобразованы в глинистые породы. В процессе бурения образцы не отбирались; но можно предположить, что их физико-механическая характеристика совпадает с характеристикой глинистых пород зоны замещения промышленного пласта.

Карбонатные породы кровли геологического фона отличаются довольно высокой прочностью, превышающей прочность известняков промышленного пласта.

В зоне трещиноватости наблюдается понижение прочности пород на 10% (по данным сопротивления сжатию); в зоне дробления, в связи с процессами доломитизации, прочность карбонатных пород несколько увеличивается — приблизительно на 10% по сравнению с фоновой. Прочность сильно доломитизированных известняков возрастает до 1100 + 1400 кг/см², т.е. почти в два раза по сравнению с фоновой; в полтора раза увеличивается прочность образцов на разрыв. Известняки такой высокой прочности отличаются хорошей раскристаллизованностью, полным отсутствием каверзости, имеют характерный темно-серый цвет.

В то же время образцы, отобранные в карстовых нарушениях У и П шахты 3, показали, что в зоне замещения прочность известняков резко падает — до 700 кг/см^2 и ниже. Известняки характеризуются наличием крупных каверн, небольшой степенью раскристаллизованности и меньшей доломитизацией.

Третья группа пород показала значения прочности, близкие к средним между карбонатными породами и сланцами — временное сопротивление сжатию — 400 кг/см^2 и сопротивление разрыву — 50 кг/см^2 . Небольшое снижение прочности этих пород выявлено в зоне трещиноватости, в то время как статистическая обработка данных показателей прочности по шахтам 2 и 3 обнаружила, что никакого уменьшения прочности пород не наблюдается.

В зоне дробления доломитизация пород сказывается на изменении их прочности в сторону увеличения — немногим более 7% по сравнению с фоновой прочностью. В зоне замещения результаты испытаний образцов на одноосное сжатие и разрыв показали снижение прочности пород; представляющих "переплетение" известняка и сланца, на 20% по отношению к неизменным породам. Очевидно, на уменьшение прочности оказывает влияние увеличение кавернозности породы, с одной стороны, и, с другой — резкое уменьшение прочностных характеристик сланцев в зоне замещения (табл. 2).

Как указывалось, установление прочности образца является лишь первым этапом в общей оценке прочности кровли, поскольку на величину и скорость смещения пород кровли влияют такие факторы, как ширина пролета выработки, строение толщ пород кровли, их обводненность, скорость и время отработки, динамика очистных работ.

В условиях Ленинградского месторождения обрушения кровли имеют свой закономерный характер. Многолетние наблюдения ВНИМИ и ЛПИ показали, что обрушения происходят в основном циклично, при этом мощность обрушающейся толщи является величиной постоянной. Анализ геологических материалов и сопоставление их с наблюдаемыми деформациями кровли позволили сделать ряд интересных выводов. Первая плоскость отслоения, считая от кровли промышленного пласта, располагается примерно

Таблица 2

Прочностные характеристики (в образце пород) для типичных литологических разностей непосредственной кровли^x

Порода	Влажность, %	Значения угла внутреннего трения (φ , град) и сцепления (C , кг/см ²)							
		Геологический фон		Зона					
				трещиноватости		дробления		замещения	
		φ	C	φ	C	φ	C	φ	C
Глинистые горючие сланцы и мергель	11-20	18-24	10-25	-	-	-	-	-	< 0,75 (глинистая порода)
Горючие сланцы	6-10	24-28	50-60	24-28	30-80	24-28	30-60		
"Переплетения" карбонатных пород и сланца	2-5	30-32	85-150	30-32	60-140	30-32	85-170	30-32	60-140
Карбонатные породы	1-3	32-34	160-245	32-34	135-220	35-53	150-250	35-36	210-330 130-180

x) В числителе - пределы колебаний значений сцепления по результатам испытания образцов из шахты 2, в знаменателе - из шахты 3.

на границе ритмов 3 и 4, вторая плоскость отслоения — на границе ритмов 4 + 5, третья — на границе ритмов 6 и 7, четвертая — на границе ритмов 7 и 8 и пятая — ближе к границе ритмов 10 и 11. По указанным прослоям отслоения чаще всего и происходят обрушения кровли. В то же время мощность обрушаемой кровли зависит от ширины пролета выработки. В вентиляционных, сборных и бортовых штреках с шириной пролета от 4 до 6 м (меньшее значение обычно характерно для вентиляционных и бортовых штреков, большее — для сборных), максимальная мощность обрушающейся пачки пород кровли не превышает 0,87 м и происходит на границе ритмов 4–5; нередко обрушения пачки и мощностью 0,42 м, что соответствует границе между ритмами 3–4. При отработке месторождения столбовой системой (спаренные лавы) кровля устойчива при пролете 20–22 м на высоту до 1,7 м (третья плоскость отслоения на границе ритмов 6 и 7); при пролете 10–14 м обрушение может происходить по второй плоскости отслоения на границе ритмов 4–5, мощностью 0,87 м.

При отработке системой камер-лав, где ширина пролета достигает 23–36 м, отслоение распространяется до четвертой плоскости отслоения (на высоте 2,56 м по границе ритмов 7 и 8) и нередко происходит по пятой плоскости расслоения, захватывая пачку пород до 3,46 м, причем обычно наблюдается последовательное отслоение кровли как по площади, так и по высоте. Следовательно, представляет интерес оценка прочностных свойств тех пачек, которые одновременно участвуют в цикле обрушения, а именно: пачки от кровли промышленного пласта

- 1) до первой плоскости расслоения, средняя мощность 0,42 м;
- 2) до второй плоскости расслоения, средняя мощность 0,87 м;
- 3) до третьей плоскости расслоения, средняя мощность 1,7 м;
- 4) до четвертой плоскости, средняя мощность 2,56 м.

Переход от прочностных характеристик образцов отдельных литологических разностей к оценке выделенных пачек пород непосредственной кровли осуществляется с учетом переслаиваемости пород, обладающих различными прочностными характеристиками, и трещиноватости пород кровли. Прочностные свойства пород кровли определялись как в геологическом фоне, так и в

различных зонах карстового нарушения. Пересчет на однородное состояние выделенных пачек пород осуществлялся таким же приемом, как и при оценке прочностных свойств пород целика, т.е. по формулам (1) и (3), при этом в расчет принималось среднее значение. Влияние трещиноватости на прочностные свойства пород пачки учитывалось формулой (2).

Размер блока в различных зонах карстового нарушения принимался таким же, как и при характеристике блочности пород целика. Порядок пересчета и перехода к оценке прочности пород отдельных пачек кровли в массиве такой же, как и при оценке прочности пород целика. Прочности пород отдельных пачек (табл. 3 и 4), пересчитанные на однородное состояние, весьма близки между собой. Постоянное значений прочности свидетельствует о том, что каждая из пачек включает один или несколько ритмов, в общих чертах повторяющих одни и те же литологические разности, монотонность ритма находит свое подтверждение в количественной оценке его прочностных свойств. Следовательно, изменение прочности пород в различных зонах карстового нарушения связано, в основном, с мощностью обрушаемой толщи и размером блока в зоне нарушения. При назначении расчетных параметров необходимо учитывать также и сложно-напряженное состояние пород в массиве, которое существенно влияет на изменение прочности и несущей способности целиков и кровли подземных выработок.

Таблица 3

Характеристика прочности образцов пород с учетом их слоистости^x

Геологический фон	Зоны карстового нарушения			Мощность пачек пород, м
	трещиноватости	дробления	замещения	
$\frac{340}{98}$	$\frac{310}{89}$	$\frac{280}{81}$	180	От кровли промышленного пласта 0,42
$\frac{340}{98}$	$\frac{310}{89}$	$\frac{280}{81}$	180	0,87

^x) Величина временного сопротивления сжатию образца, кг/см² (числитель), величина сцепления образца, кг/см² (знаменатель).

Продолжение

1	2	3	4	5
$\frac{320}{82}$	$\frac{270}{78}$	$\frac{230}{86}$	-	1,7
$\frac{330}{86}$	$\frac{270}{78}$	$\frac{260}{75}$	-	2,5
				От кровли панельно-откаточного штрека
$\frac{340}{88}$	$\frac{270}{78}$	$\frac{270}{78}$	-	0,83

Таблица 4

Характеристика прочности пород кровли с учетом слоистости и трещиноватости^x

Геологический фон	Зоны карстового нарушения при размере блока, м						Мощность пачек породы, м
	трещиноватости		дробления			замещения	
	1,0	0,7	0,5	0,25	0,12		
							От кровли промышленного пласта
$\frac{88}{340}$	$\frac{89}{310}$	$\frac{89}{310}$	$\frac{81}{28}$	$\frac{34}{116}$	$\frac{18}{61}$	$\frac{18}{61}$	0,42
$\frac{88}{340}$	$\frac{89}{310}$	$\frac{56}{186}$	$\frac{31}{110}$	$\frac{17}{60}$	$\frac{12}{40}$	$\frac{12}{40}$	0,87
$\frac{92}{320}$	$\frac{80}{104}$	$\frac{21}{74}$	$\frac{14}{50}$	$\frac{10}{34}$	$\frac{7,5}{28}$	-	1,7
$\frac{96}{330}$	$\frac{20}{71}$	$\frac{18}{55}$	$\frac{13}{45}$	$\frac{9}{33}$	$\frac{7,4}{28}$	-	2,5
							От кровли панельно-откаточного штрека
$\frac{98}{340}$	$\frac{78}{270}$	$\frac{53}{183}$	$\frac{31}{107}$	$\frac{17}{80}$	$\frac{11,5}{40}$	-	0,83

^x) Величина сцепления в массиве, кг/см² (числитель), величина временного сопротивления сжатию в массиве, кг/см² (знаменатель).

Рассчитано при условии, что в формуле (2) коэффициент $\eta = 3$.

А. И. Коротков

РЕЖИМ КАРСТОВЫХ ВОД ЛЕНИНГРАДСКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВХарактеристика режима отдельных водоносных
горизонтов

Наблюдения за режимом подземных вод на Ленинградском месторождении горючих сланцев ведутся с 1934 г. В довоенный период это были единичные нерегулярные замеры, постоянной стационарной сети не существовало. Скважины, по которым велись наблюдения, давали смешанную картину режима горизонтов, существенно отличающихся по режиму. Но уже по этим наблюдениям можно было судить о постепенном дренировании водоносных горизонтов карбонатной толщи ордовика по мере отработки месторождения. С 1934 по 1936 гг. снижение было незначительным и составило 1,5 - 2,0 м по скважине 25, заданной на правом берегу р. Плюсса, в 750 м к юго-востоку от ствола шахты им. С. М. Кирова. В скважине, заданной непосредственно вблизи ствола шахты им. С. М. Кирова, произошло снижение уровня на 7 м, видимо, в результате дренирующего действия самого ствола.

С 1936 по 1941 гг. после первого крупного катастрофического прорыва на шахте им. С. М. Кирова и нескольких других последовавших за ним прорывов, а также с интенсификацией горных работ развитие депрессионных воронок резко усилилось. В этот период начались режимные наблюдения на новых скважинах, в результате которых были выявлены особенности развития депрессионных воронок в различных водоносных горизонтах. Наиболее

интенсивное снижение уровня произошло в скважинах, вскрывших водоносные горизонты от кукерского и выше. Практически уже в довоенные годы над выработанной площадью шахты им. Кирова и шахты 2 уровень кукерского водоносного горизонта снизился почти до кровли горных выработок. В скважинах более глубоких, вскрывших (помимо верхних горизонтов) таллинский и в одном случае оболочный горизонт, общий статический уровень водоносного комплекса ордовикских пород оказался выше. Таким образом, уже эти немногочисленные данные выявляют важную в практическом отношении тенденцию: водоносные горизонты кровли (в основном кукерский) быстро снижают свой статический уровень по мере продвижения горных выработок; депрессионные воронки нижних горизонтов развиваются медленнее, несмотря на то, что скачки в повышении общешахтного водопритока в довоенный период разработки месторождения были связаны прежде всего с крупными прорывами воды из таллинского водоносного горизонта. Режим горизонтов почвы и кровли по этим данным различен.

Во время Великой Отечественной войны шахты были затоплены, образовавшиеся депрессионные воронки восстановились. С 1945 г. началось восстановление шахт. Шахтный водоотлив до ноября 1953 г. составлял в среднем 900, с началом откачки из шахты им. С. М. Кирова возрос до 2000–2500 м³/час. Довоенные наблюдательные скважины к этому времени были засорены, новые гидрогеологические скважины (41^Г–58^Г) показывали, судя по эпизодическим наблюдениям, постепенное снижение уровней.

В 1959–1961 гг. СЗТУ и ЛГИ проводились специальные гидрогеологические исследования на месторождении, в процессе которых были пробурены 143 скважины. По ним с ноября 1959 г. проводились режимные гидрогеологические наблюдения. После окончания этих работ в 1961 г. подземные наблюдательные скважины были закрыты и постепенно вышли из строя или остались на погашенной площади. Поверхностные наблюдательные скважины были переданы Северо-Западной режимной гидрогеологической станции (ВСЕГИНГЕО), освещавшей сведения по годовому режиму каждой скважины в своих ежегодниках [1]. В про-

ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ И ВОДОУПОРОВ РАЙОНА ЛЕНИНГРАДСКОГО
СЛАНЦЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

(составлена А.И.Коротковым и Н.Г.Паукером)

Водоносные горизонты и разделяющие их водоупоры	Геологический индекс	Краткая литологическая характеристика	Мощность, м	Параметры водоносных горизонтов		
				K	KM	a
1	2	3	4	5	6	7
Четвертичный водоносный комплекс поровых вод	Q_{III-IV} lgl, fgl, al	Пески развозернистые, гравийно-галечные и щебенчатые отложения	2-5	0,1-9	-	-
Моренный водоупор (невывержанный)	Q_{IV} vd, lz	Суглинки валунные, глины моренные и ленточные	2-3	менее 0,01	-	-
Старооскольский в.г. порово-пластовых вод	$D_2 st$	Пески, песчаники красноцветные с алевролитами	1-12	1-4	-	-
Условный водоупор	$D_2 np(3)$	Песчано-глинисто-мергелистая пачка	3-11	менее 0,01	-	-
Наровский в.г. трещино-пластовых, реже карстово-трещинных вод	$D_2 np(2)$	Доломито-мергельная толща	10-12	0,01-12,5	-	-
Относительный водоупор в нижней части наровского горизонта	$D_2 nr(1)$	Глинисто-мергелистые породы, базальный слой	4-5	менее 0,01	-	-
Везенбергский (ракверский) в.г. карстово-трещино-пластовых вод	$O_3 WS+nb$	Доломиты и доломитизированные известняки	10-24	1-21	12-120	$10^6, 10^7$
Вазалемский водоупор	$O_2 Kg(VS)$	Глины, известняки глинистые	0,8-2,3	менее 0,01	-	-

1	2	3	4	5	6	7
Иевский в.г. карстово-трещинно-пластовых вод	$Q_2 hr + kg$	Известняки: доломитизированные известняки, участками пористые, кавернозные	12-25	1-4	8-10	10^7
Шуядорский водоупор	$Q_2 S_n^v$	Глинисто-мергельно-доломитовые с бентонитовыми глинами	8-10	менее 0,01	-	-
Кукерский в.г. трещинно-карстово-пластовых вод	$O_2 it + KK + (S_n)$	Известняки глинистые и доломитизированные, с прослойками кукерситов	18-26	0,1-3,6 до 5,4	20-30	$3,5 \cdot 10^2$ $-1,8 \cdot 10^3$ $\mu = 0,015$ $-0,072$
Кукерско-Ухакусский водоупор	$O_2 KK + tl_{(s)}$	Черелование мергелей, глинистых известняков и кукерситов, включая промышленный пласт	10-12	менее 0,01	-	-
Таллинский в.г. карстово-трещинно-пластовых вод	$O_2 tl_{(1-2)} + O_1 Kd_4(vl)$	Известняки доломитизированные и доломиты	18-26	0,05-6,2 до 15,3	30-160	$1,7 \cdot 10^4$ $\mu = 0,0027$
Леатский водоупор (б.мязюльский)	$O_1 lt + (vl)$	Песчаники глауконитовые, глинистые; глины плотные и мергели	0,3-0,8	$4 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^{-4}$	-
Оболовый в.г. порово-пластовых вод	$O_1 pk + Cm_{2-3}$	Пески, песчаники рыхлые, мелкозернистые, с прослойками глин	27-34	1,8-8,0, в среднем 3	50-200	$(2-4) 10^5$
Лонговаский водоупор	$Cm_1 ln$	Глины, аргиллы	30-100	менее 0,001	-	-

1	2	3	4	5	6	7
Ломоносовский в.г. (б. надляминаритовый) порово-пластовых вод	Cm_1, lm	Песчаники с прослоями глины	16-51	0,8-1,7	61,8	$3,3 \cdot 10^5$
Котлинский водоупор (б. ляминаритовый)	Pt_3, kt	Глины тонкослоистые и алевроиты	до 120	менее 0,01	-	-
Гдовский в.г. порово-трещинно-пластовых вод	Pt_3, gd	Песчаники аркозовые, с прослоями глины, алевроитов и песков	55-70	1-2	50	-
Условный водоупор коры выветривания	Pt_{1-2}	Глинистый делювий кристаллических пород	2-6	менее 0,1	-	-
Комплекс трещинных вод кристаллического фундамента	$Ar + Pt_{(1)}$	Гнейсы, граниты, метаморфические породы	-	-	-	-

ПРИМЕЧАНИЯ. 1. К - коэффициент фильтрации, м/сутки; КМ - проводимость пласта, м²/сутки; α - коэффициент увеличения пьезопроводности, м²/сутки; μ - водоотдача.

2. Водоносные горизонты 1, 3, 5, 15, 17, 18 в обводнении горных выработок почти не участвуют.

цессе работ ЛПИ, проведенных в 1968—1969 гг., все эти данные сводились в общие графики, позволившие проанализировать 10-летний цикл наблюдений (1959—1969 гг.) и дать характеристику режима каждого водоносного горизонта по площади месторождения и во времени. К горизонтам карстовых вод относятся везенбергский, иевский, кукерский и таллинский.

Везенбергский водоносный горизонт. К нему относится толща закарстованных доломитов и доломитизированных известняков везенбергского и набаласского горизонтов верхнего ордовика, залегающих выше глинистых известняков мощностью 0,8 — 2,3 м, относящихся к вазелемскому горизонту среднего ордовика. Площадь распространения водоносного горизонта ограничена с севера везенбергским уступом. Горизонт частично прорезан долиной р. Плюсса, по берегам которой происходит интенсивная его разгрузка.

Выделение в толще карбонатных пород, залегающих выше шундоровских глинистых известняков, двух водоносных горизонтов (везенбергского и иевского) явилось результатом литологических предпосылок и опытных работ по изучению влияния р. Плюсса на обводненность горных выработок, произведенных в 1963—1965 гг. [2]. Основанием для этого послужили: 1) перелив воды в скважинах из верхней части надшундоровского разреза в нижнюю; 2) разница в уровнях воды 5—10 м; 3) наблюдения в шахтных стволах и обнажениях по р. Плюссе. До проведения указанных работ вся толща пород ордовика, залегающая выше шундоровского горизонта, носила название везенбергского водоносного горизонта.

Водовмещающими породами являются доломиты и доломитизированные известняки с невыдержанными тонкими прослоями глины. Отложения разбиты большим количеством трещин, которые хорошо прослеживаются в стволах шахт и в обнажениях, и в значительной степени закарстованы. Карстовые воронки и небольшие пещеры отмечены в нижнем течении ручья Сибирского, вблизи везенбергского уступа и в ряде других точек. Размеры карстовых полостей в везенбергском горизонте достигают нескольких десятков сантиметров. При проходке скважин крупные пустоты

встречаются в керне или фиксируются по провалам бурового инструмента, но наиболее достоверно они выявлены при документации вертикальных и наклонных стволов Объединенной шахты. Чаще всего крупные пустоты встречаются в нижней части горизонта.

С везенбергским горизонтом обычно связаны высокие притоки воды. При вскрытии главным стволом шахты 1 крупных карстовых пустот в везенбергском горизонте приток воды возрос от 8 до 50,7, в главном стволе шахты 2 — от 1,8 до 61,2 м³/час. В связи с неравномерной закарстованностью горизонта величина коэффициента фильтрации по данным опробования скважин колеблется в широких пределах от 1 до 21 м²/сутки. Опыт разработки месторождения свидетельствует, что горизонт изолирован от горных выработок достаточно надежными водоупорами и при разработке горизонта проникновение воды из него в горные выработки наблюдается только в единичных случаях, при наиболее крупных заколах. Вода в выработки обычно проникает по необсаженным или плохо обсаженным техническим скважинам. Средний приток воды из везенбергского горизонта в шахты по плохо обсаженным и незатампонированным техническим скважинам составляет соответственно по шахте 1, 2, 3 и им.С.М.Кирова — около 80, 84, 150 и 100 м³/час.

Рассмотрим основные черты режима везенбергского водоносного горизонта. В северной части месторождения, где горизонт залегает под четвертичными отложениями, режим его уровня чутко реагирует на метеорологические условия и типичен для закарстованных водоносных горизонтов ордовика на северо-западе РСФСР. Во всех скважинах (74^Г, 75^Г, 95^Г и др.) отчетливо наблюдаются весенние и осенние паводки, во время которых уровень воды в скважинах повышается на 4–5, а в отдельных случаях — на 10–12 м. Паводковые пики всегда асимметричны, уровень повышается в течение 2–3 недель, понижается, видимо, вследствие подпитывающего влияния талых и дождевых вод, в течение 3–4 месяцев, поэтому минимумы уровней приходится на конец весны (вторая половина марта) и конец осени (сентябрь — октябрь). Влияние развития горных выработок на отдельных графиках уровня режима везенбергского горизонта обычно не

заметно. Скважина 74^Г на поле шахты им.С.М.Кирова, заданная почти в центре развития горных выработок (над панельно-откаточным штреком I4) практически не реагировала на развитие горных работ на панелях I4 и I6. Вместе с тем, в многолетнем плане происходит постепенная сработка везенбергского водоносного горизонта и на отдельных участках (например, в районе стволов Объединенной шахты) он полностью осушен.

Основной причиной постепенного падения уровня является дренирование горизонта плохо затампонированными техническими скважинами. В среднем для горизонта это понижение, оказывается меньшим, чем для кукерского, таллинского и оболowego водоносных горизонтов и составляет 0,25 м/год (по результатам статистической обработки всех материалов). Причины меньшей скорости развития депрессионной воронки в везенбергском водоносном горизонте: изолированность горизонта от промышленного пласта и высокая водообильность. Однако и такое снижение уровня в многолетнем плане ведет к истощению запасов водоносного горизонта, служащего источников водоснабжения небольших населенных пунктов. Кроме того, вблизи газосланцевого завода и его очистных сооружений везенбергский водоносный горизонт легко загрязняется продуктами переработки сланца, которые затем по стволам плохо затампонированных технических скважин попадают в шахты и загрязняют нижележащие водоносные горизонты, используемые для питьевого водоснабжения. Это подтверждает необходимость самого тщательного затрубного тампонажа технических скважин, а по окончании их эксплуатации — ликвидационного.

По мере продвижения к юго-востоку, с погружением везенбергского горизонта под наровский и с появлением в нем напора, сезонные колебания уровня воды уменьшаются. На поле шахт 1 и 3 целый ряд скважин имеет годовую амплитуду колебаний уровня не более 0,5 — 1,0 м/год. Изменение характера внутригодового режима по площади и с глубиной является причиной того, что в паводки приток воды из плохо затампонированных технических скважин на шахте им.С.М.Кирова и в меньшей степени на шахте 2 резко возрастает, а на шахтах 1 и 3 он стабилен.

В многолетнем плане водность года сказывается во всех скважинах и приводит к уменьшению или прекращению общего снижения уровня воды в многоводные годы (1962, 1966 г.).

Сработка везенбергского водоносного горизонта, хотя и менее интенсивная, чем нижележащих, все же привела к образованию на территории месторождения крупной депрессионной воронки глубиной 15–20 м и диаметром до 15 км, сформировавшейся, в первую очередь, за счет отдельных очагов разгрузки горизонта по техническим скважинам. По восстановлению горизонта (на северо-запад) его пьезометрическая поверхность постепенно понижается по отношению к кровле вазалемского водоупора, на поле шахты им.С.М.Кирова, а также на отдельных участках северного крыла шахты 2 уже подошла к нему. Крупные притоки воды во вновь проходимые вертикальные стволы и скважины различного назначения здесь маловероятны. Наиболее опасны в этом отношении южные крылья шахт 1 и 3.

Иевский водоносный горизонт распространен по всей площади месторождения. Водовмещающие породы представлены толщей доломитизированных известняков кегельского и известняков хревицкого горизонтов иевского подъяруса среднего ордовика. Породы разбиты трещинами, закарстованы. Карстовые пустоты размером до нескольких десятков сантиметров фиксировались при проходке шахтных стволов. Мощность горизонта 12–25 м.

Фильтрационные свойства пород иевского водоносного горизонта в северной части месторождения изучались при проведении опытных работ в 1963–1965 гг. По данным испытаний четырнадцати скважин, величина коэффициента фильтрации водоносного горизонта изменялась от 0,12 до 5,69 м/сутки. При этом отмечено, что фильтрационные свойства пород кегельского горизонта выше, чем хревицкого; величина коэффициента фильтрации соответственно 0,98 и 0,2 м/сутки.

Характер режима всех скважин очень близок к вышележащему везенбергскому водоносному горизонту, с несколько более сглаженным уровнем режимом; колебания уровня в течение года не превышают 3 м. По абсолютному положению уровень воды

в скважинах несколько ниже, чем в везенбергском водоносном горизонте, что свидетельствует о достаточной разобщенности этих водоносных горизонтов. Разница в положении пьезометрической поверхности везенбергского и иевского водоносных горизонтов является следствием более интенсивного дренирования иевского водоносного горизонта горными выработками и, видимо, существенно уменьшается при удалении от обрабатываемой площади.

Для полного представления о характере пьезометрической поверхности иевского водоносного горизонта данных недостаточно, но можно предположить, что за пределами обрабатываемой площади она близка к везенбергскому водоносному горизонту, а на площади отработки месторождения занимает промежуточное положение между везенбергским и кукерским водоносными горизонтами, что и является причиной перелива воды в стволах отдельных скважин из одного горизонта в другой.

Кукерский водоносный горизонт представлен толщей глинистых и доломитизированных известняков с прослоями глинистых сланцев и кукерситов. Мощность 18-26 м. Детальный разрез горизонта изучался ЛПИ при исследовании карста Ленинградского месторождения.

Кукерский горизонт пройден горными выработками, поэтому о его обводненности сложились наиболее четкие представления. Обследование горизонтальных выработок, бурение скважин в кровле, изучение карстовых нарушений отчетливо выявили обводненность горизонта по слабо закарстованным горизонтальным трещинам напластования, которые прослеживают по всему месторождению и приурочены к контакту глинистых сланцев и известняков. В практике эксплуатации месторождения эти трещины получили название "водоносные плоскости".

Первая водоносная плоскость располагается на 0,85-1,0 м выше кровли первого рабочего слоя горячего сланца. Здесь по всей площади месторождения развита горизонтальная трещина, обычно заполненная рыхлым, сильно глинистым сланцем или песчанистой битуминозной глиной мощностью 0,5-3,0 см. Характер движения воды смешанный, пластово-трещинный и поровый. Обвод-

ненность трещины на отдельных участках (по штрекам) от 1-2 до 30-60 м. В шахтах обводненные участки обычно окаймляют карстовые нарушения или встречаются в краевых частях шахтных полей. Отдельные обводненные участки в пределах разрабатываемой площади часто разобщены, каждый из них имеет свою пьезометрическую поверхность и легко устанавливаемый источник питания: это карстовое нарушение или вертикальная трещина, по которым вода проникает сверху. Несколько таких участков детально изучены при работах ЛПИ в 1965-1967 гг. Гидрогеологический режим отдельных обводненных участков довольно постоянен, сдrenирование происходит равномерно. Напор в пределах действующих шахт по данным шпуров, вскрывающих первую водоносную плоскость, от 2 до 7 м, приток воды с отдельных участков от 1 до 5 м³/час.

Вторая водоносная плоскость располагается на 1,6-2,0 м выше кровли первого рабочего слоя горючего сланца и в пределах обрабатываемой площади обводнена значительно меньше, чем первая. Обычно в ней фиксируются небольшие линзообразные скопления воды площадью до 10-20 м², располагающиеся вблизи тектонических трещин или карстовых нарушений. Даже в краевых горных выработках вторая водоносная плоскость часто оказывается сухой. Характерно, что на семи опытных участках при исследовании в 1965-1967 гг. над обводненной первой плоскостью бурения была вскрыта сухая вторая. Анализ гидрохимических данных по отдельным участкам свидетельствует о том, что часто в конкретных точках водоносные плоскости могут быть гидравлически разобщены.

Третья водоносная плоскость, также обводненная только на отдельных участках, встречена на 11-12 м выше кровли первого рабочего слоя. Вскрывающие ее скважины даже вблизи обводненных карстовых нарушений часто оказываются сухими. Отдельные скважины дают приток воды до 1-2 м³/час.

Вторым типом водопроявлений, связанных с кукерским водоносным горизонтом, являются карстовые нарушения. Выше кровли горных выработок встречаются небольшие полости, располо-

ложенные до 12 м над кровлей первого рабочего слоя (карстовые нарушения типа 1 и 2). С этими полостями связаны небольшие прорывы воды, чаще при образовании трещин закола. Первоначальные притоки могут достигать 15–20 м³/час, но характерной особенностью этих водопроявлений является быстрое (в течение нескольких суток) убывание притока воды.

На уровне промышленного пласта, т.е. непосредственно в горных выработках, встречаются карстовые нарушения типа 3 и 4.^X Все эти нарушения связаны с трещинами северо-восточного простирания, среди которых можно выделить три группы по степени закарстованности: 1) не закарстованные, материал заполнения которых сохранил первоначальный состав и вмещающие породы не подверглись процессу выщелачивания; 2) частично закарстованные — с выщелоченным цементом у песчаников и слабым выщелачиванием вмещающих пород и 3) полностью закарстованные, когда трудно точно определить положение первоначальной трещины.

Первые два типа трещин, также как и трещины северо-западного простирания, обычно обводнены слабо и только в единичных случаях встречаются притоки до 2 м³/час. При вскрытии трещин, связанных с типом 3 карстовых нарушений, в большинстве случаев штреки оказываются обводненными. Притоки бывают различными, но, как правило, не превышают 2–3 м³/час, причем при каждом последующем пересечении приток уменьшается в среднем на 20%. Карстовые нарушения типа 3 и 4 играют известную роль во взаимосвязи между водоносными горизонтами, однако, как свидетельствует анализ гидрохимических данных, выявленная в пределах месторождения гидрохимическая зональность часто сохраняется и в зонах карстовых нарушений.

Буровые скважины, заданные за пределами обрабатываемой площади, обычно характеризуют кукерский водоносный горизонт в целом, хотя есть все основания утверждать, что и здесь го-

x) См. статью Н.Г. Паукера в настоящем сборнике.

ризонт обводнен по тем же горизонтальным трещинам напластования и карстовым нарушениям. Результаты опробования скважин свидетельствуют о невысокой водообильности горизонта, величина коэффициента фильтрации обычно не превышает 1,0, в единичных случаях до 3-5,4 м/сутки.

В северной части месторождения, вблизи везенбергского уступа и севернее его, горизонт залегает близко к поверхности, и характер режима близок везенбергскому водоносному горизонту. Здесь отчетливо прослеживаются весенние и осенние паводковые пики с аналогичным везенбергскому характером асимметрии; амплитуда колебаний уровня в течение года составляет 5-8 м. С продвижением к югу сезонные колебания уровня в кукерском водоносном горизонте постепенно затухают, и на полях шахт 1 и 3 амплитуда не превышает 1 м. С приближением к горным выработкам отчетливо сказывается их дренирующее влияние, прослеживавшееся практически по всем наблюдаемым скважинам, а также по данным целого ряда скважин, к настоящему времени засоренных или подработанных. На расстоянии 3-4 км от фронта работ это снижение составляет в среднем 0,9 м в год, причем среднегодовое положение уровня в каждой скважине отклоняется от среднеголеетного его положения в зависимости от водности года.

В связи с характером обводненности горизонта и очень низкими статическими запасами воды в нем такой темп снижения уровня обеспечивает почти полное дренирование горизонта над выработанным пространством при сравнительно крутых уклонах бортов депрессионной воронки за его пределами. В дальних скважинах влияние горных работ почти не ощущается.

Таллинский водоносный горизонт представлен толщей сильно закарстованных доломитизированных известняков и доломитов таллинского и кундского горизонтов, отделенных от вышележащего водоносного горизонта пачкой переслаивания глинистых известняков и горючих сланцев, стратиграфически относящихся к верхней части таллинского и нижней части кукерского горизонтов. Основными водопроводящими путями в таллинском горизонте являются крупные карстовые

пустоты, часто вскрываемые скважинами при разведке месторождения, техническими скважинами в шахтах и выработках, углубленными на 10–12 м ниже промышленного пласта. Размеры пустот по вертикали 0,2–3,5 м. В тех случаях, когда кровля крупных карстовых полостей расположена вблизи подошвы горных выработок, происходят прорывы воды в выработки или провалы подошвы выработок.

Обводненность таллинского горизонта весьма неравномерна и определяется сложным расположением карстовых полостей. Многие технические скважины, пробуренные из горных выработок, дают притоки при самоизливе от десятых долей до 20 и даже 166 м³/час. Приток воды при прорывах в почве горных выработок связан с таллинским водоносным горизонтом. На первых стадиях разработки месторождения (при напоре до 6–8 атм над подошвой выработок) притоки достигали 1000 м³/час, в настоящее время в связи с понижением пьезометрической поверхности они не превышают 150–200 м³/час. Неравномерная обводненность горизонта иллюстрируется и результатами опробования разведочных скважин: коэффициент фильтрации водоносного горизонта изменяется в пределах от 0,05 до 14,30 м/сутки. Статические запасы водоносного горизонта значительно выше кукерского. Количество воды, поступающее из этих горизонтов в горные выработки, примерно одинаково и составляет 30% в общешахтном водопритоке для каждого из горизонтов. Кукерский горизонт это приводит к почти полному дренированию, таллинский же в краевых частях обрабатываемой площади сохраняет напоры до 40 м над подошвой горных выработок. На всей площади месторождения в водоносном горизонте образовалась обширная депрессионная воронка диаметром 25–30 км, заметно развивающаяся с течением времени. Гидроизопьеза минус 20 м, оконтуривавшая в 1959–1960 гг. поля отдельных шахт, в настоящее время окаймляет все действующие выработки, а депрессионные воронки отдельных шахт снизились до отметки минус 40–45 м.

В пределах обрабатываемой площади пьезометрическая по-

верхность таллинского водоносного горизонта в настоящее время в основном совпадает с пьезометрической поверхностью нижележащего оболочного водоносного горизонта. Связь этих горизонтов осуществляется часто по стволам технических скважин, заданных из горных выработок. Вместе с тем в таллинском горизонте могут образовываться отдельные гидравлически изолированные участки, связанные с основной системой карстовых пустот только тонкими трещинами. Величина напора на таких участках отличается как пониженными, так и повышенными значениями. На скважинах с аномально высоким для данного участка напором дебит и напор в процессе эксплуатации будут быстро снижаться.

Рассмотрим некоторые общие особенности режима таллинского водоносного горизонта. Анализ графиков изменения уровня воды свидетельствует о том, что в крайней северной части месторождения, за везенбергским уступом, четко выражены сезонные колебания уровня, годовая амплитуда которых может достигать 8-10 м. Примером такого режима служит скважина 66^Г, расположенная в 2 км к северу от горных выработок шахты 2. К юго-востоку амплитуда годовых колебаний уровня быстро падает. В скважинах 97^Г и 56^Г она уже не выше 2-3, а к юго-востоку сезонные колебания не превышают 1-2 м. Существенно изменяется режим горизонта на севере, прежде всего, при отработке северного крыла поля шахты 2, где выработки в настоящее время подходят к везенбергскому уступу.

Сработка таллинского водоносного горизонта происходит более интенсивно, чем вышележащих. В отличие от кукерского горизонта, эта сработка характеризуется неравномерностью, импульсивностью, что связано с прорывами воды в подошве горных выработок и нередко наблюдалось в первые годы отработки месторождения. В последние годы такие прорывы происходят реже, однако и они (прорыв 1-10, происшедший 20/УП 1965 г. в лаве 17 восьмой северо-восточной панели шахты 1; прорыв 1-11 12/Х 1965 г. в разрезном штреке 13/4 восьмой юго-западной панели шахты 1; прорыв 3-6, случившийся 27/П 1967 г. в камере-лаве 4 на 22 панели шахты 3 и др.) приводили к резкому сниже-

нию пьезометрической поверхности горизонта в радиусе 2–3 км. За пределами разрабатываемой площади пьезометрическая поверхность таллинского водоносного горизонта снижается плавно, это снижение фиксируется по всем наблюдательным скважинам. Среднегодовая величина снижения, полученная в результате статистической обработки материалов по всем скважинам в радиусе до 2–3 км от фронта горных работ, составляет 1,1 м. При таком снижении остаточные напоры водоносного горизонта в передовых забоях (на южном крыле месторождения), расположенных по фронту регионального потока подземных вод, движущегося с юго-востока, сохраняются достаточно высокими и достигают 25–36 м, т.е. южные крылья шахт 1 и 3 не гарантированы от возможности новых прорывов воды в почве горных выработок с дебитом до 100–150 м³/час.

Общие закономерности естественного и искусственного режима подземных вод. До начала разработки месторождения режим основных водоносных горизонтов характеризовался особенностями, свойственными краевой части артезианского бассейна. Водоносные горизонты от четвертичного до иевского, располагающиеся в разрезе большей частью выше местного базиса эрозии — вреза долины р. Плюсны, — характеризовались наиболее интенсивным водообменом. В нижележащих водоносных горизонтах темпы водообмена падали. Общий сток подземных вод был направлен к Финскому заливу, колебания стока по сезонам определялись гидрометеорологическими условиями.

Искусственные факторы внесли заметные изменения в режим водоносных горизонтов. Основным фактором является шахтный водоотлив, существенно влияющий на положение уровенной поверхности водоносных горизонтов и на балансовую сторону режима. Тесно связан с первым фактором регулярный отбор из водозаборов (сконцентрированных и рассредоточенных) питьевого и хозяйственно-технического водоснабжения. Наконец, регулирующим фактором в поверхностном и частично подземном стоке является Нарвское водохранилище, созданное в 1953 г. в бассейне рек Плюсны и Наровы.

Таким образом, изучаемый в настоящее время режим подземных вод складывается из взаимодействия естественных и искусственных факторов. Последние усиливают, а в некоторых случаях сглаживают отдельные стороны функциональных проявлений естественного гидрогеологического режима.

Основные особенности режима связаны с взаимодействием естественных и искусственных факторов его формирования.

1. Общее северо-западное направление движения подземных вод на площади месторождения сменилось движением к центру депрессионных воронок, диаметр которых достигает 25-30 км. Воронки имеют асимметричную форму; юго-восточные борта круче.

2. Шахтный водоотлив и эксплуатация водоносных горизонтов привели к снижению пьезометрических уровней на 20-75 м. Ввиду неравномерного темпа дренирования разных горизонтов произошло существенное разобщение пьезометрических поверхностей. Если до начала разработки месторождения разница в положении статических уровней разных водоносных горизонтов не превышала 6-10 м, то теперь она достигает 50-60 м между таллинским и везенбергским водоносными горизонтами, уменьшаясь к краям депрессионных воронок до 10-30 м.

3. Отмеченное разобщение пьезометрических поверхностей привело, с одной стороны, к образованию внутренней зоны аэрации (прежде всего в кукерском водоносном горизонте), с другой стороны, к усилению движения воды по вертикальным трещинам и карстовым нарушениям и перетеканию воды на отдельных участках из одного водоносного горизонта в другой. Это явление хорошо фиксируется гидрохимическим методом.

4. В крайней северной части месторождения - в зоне подпора Нарвского водохранилища - несколько сгладились паводковые подъемы и меженные спады уровня верхних водоносных горизонтов.

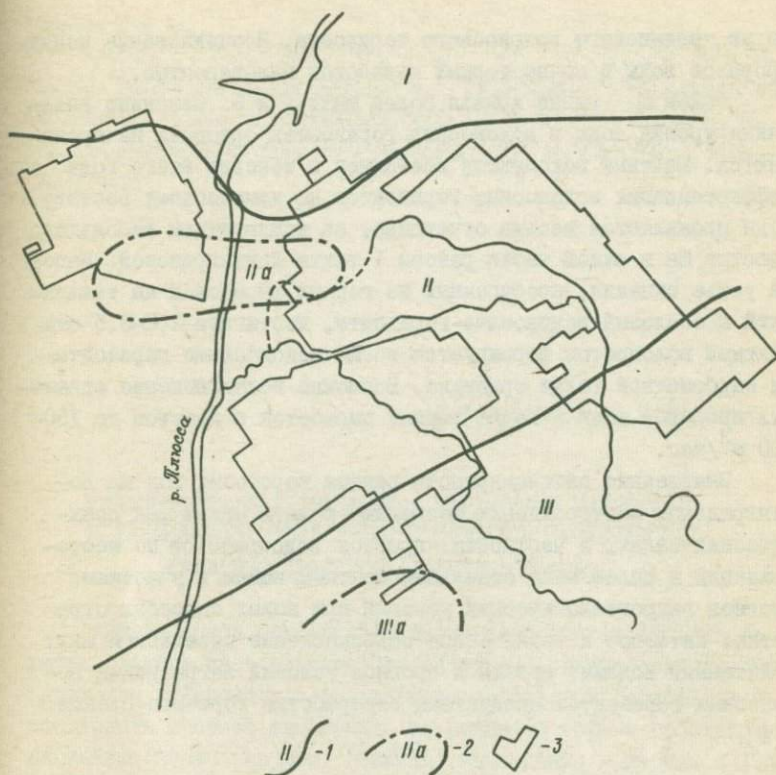
5. На отдельных участках в северной части месторождения пьезометрическая поверхность везенбергского и иевского водоносных горизонтов опустилась ниже уровня воды в реке, что привело к возможности подпитывания этих водоносных горизонтов речными водами.

6. Образование депрессионных воронок и полное осушение водоносных горизонтов на отдельных участках является результатом воздействия только искусственных факторов. Даже в короткие периоды прекращения этого воздействия первоначальная уровенная поверхность быстро восстанавливается.

На основании проведенных исследований и обработки 12-летнего цикла режимных гидрогеологических наблюдений произведено районирование территории месторождения по характеру режима подземных вод (рисунок).

Район I — северное крыло месторождения. Все водоносные горизонты, вплоть до таллинского, характеризуются сезонными колебаниями уровня воды: амплитуда годовых колебаний уровня достигает 5–8 м. В пределах отрабатываемой площади сезонные изменения в величине водопритока сказываются только для северного крыла шахты им. С. М. Кирова. С дальнейшим продвижением горных работ на север сезонные колебания водопритоков должны проявиться и для выработок шахты 2, разница в меженных и паводковых водопритоках может достигнуть 30–40%. Дифференциации по химическому составу воды между отдельными водоносными горизонтами не наблюдается. Пьезометрическая поверхность водоносных горизонтов, залегающих ниже промышленного пласта (таллинского и оболowego), располагается вблизи подошвы горных выработок или ниже ее, шахтный водоприток формируется, главным образом, за счет кукерского и в меньшей степени иевского и везенбергского водоносных горизонтов. Существование севернее везенбергского уступа древнего размыва в ордовикских отложениях привело к образованию в кровле кукерского горизонта зоны выветривания, характеризующейся несколько повышенной по сравнению с обычной для этого горизонта обводненностью.

Район II — центральная часть полей шахт 1, 2, 3 и им. С. М. Кирова. Сезонные колебания уровня воды характерны только для везенбергского и иевского водоносных горизонтов. Шахтный водоприток постоянен в течение всего года. Каждый из водоносных горизонтов характеризуется определенными особенностями химического состава воды. На площади подрайона IIa, в ре-



Районирование территории Ленинградского месторождения горючих сланцев по характеру режима подземных вод
 1 - районы; 2 - подрайоны; 3 - площадь, отработанная на конец 1970 г.

в результате разработки месторождения, химический состав воды горизонтов ордовика выравнился. Водоносные горизонты, расположенные ниже подошвы горных выработок, в скважинах, пробуренных из выработок, дают самоизлив; давление на устье скважин не превышает 1-2 атм. Шахтный водоприток формируется за счет водопроявлений из кукерского водоносного горизонта, перетекания воды (главным образом, по стволам старых скважин) из иевского и везенбергского горизонтов и старых прорывов го-

ды из таллинского водоносного горизонта. Возникновение новых прорывов воды в почве горных выработок маловероятно.

Район Ш южные крылья полей шахт 1 и 3. Сезонные колебания уровня воды в водоносных горизонтах ордовика не проявляются. Шахтный водоприток постоянен в течение всего года. Дифференциация водоносных горизонтов по химическому составу воды проявляется весьма отчетливо, за исключением небольшого участка Ша в южной части района 1 шахты Ленинградской. Напор на устье скважин, пробуренных из горных выработок на таллинский и оболочный водоносные горизонты, достигает 2,0–3,5 атм. Шахтный водоприток формируется всеми водоносными горизонтами карбонатной толщи ордовика. Возможно возникновение единичных прорывов воды в почве горных выработок с дебитом до 150–200 м³/час.

Выявленные закономерности режима карстовых вод на Ленинградском месторождении позволяют решать целый ряд практических задач, в частности: прогноз водопритоков по месторождению в целом и по отдельным шахтным полям и участкам; прогноз гидрогеологических условий при новых способах обработки; питьевое и техническое водоснабжение поселков и шахт подземными водами; анализ и прогноз условий загрязнения водоносных горизонтов продуктами переработки горючего сланца [4].

Л и т е р а т у р а

1. Архангельский Б.Н. Изучение режима подземных вод на Ленинградском месторождении горючих сланцев. В сб. Тезисы докладов к межведомственному совещанию по шахтным водам на предприятиях горнодобывающей промышленности северо-западного экономического района РСФСР. Изд. Гос. географ. общества Союза ССР. Л, 1964.

2. Паукер Н.Г., Рыцарева З.В. Влияние реки Плюсы на обводненность шахт комбината "Сланцы". Там же.

3. Паукер Н.Г., Мирошникова С.Ф. Условия формирования шахтных вод и меры борьбы с ними на Ленинградском месторождении горючих

сланцев, Там же.

А. Коротков А.И., Паукер Н.Г., Цивьян М.В. Изменение химического состава природных вод и их загрязнения в Сланцевском горно-промышленном районе. В сб. Материалы XXIV гидрохимического совещания. Изд. Гидрохимического ин-та Главн.упр-я гидрометеослужбы при СМ СССР. Новочеркасск, 1970.

Ю.А.Норватов, А.И.Коротков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ КУКЕРСКОГО И ТАЛЛИНСКОГО ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ НА ЛЕНИНГРАДСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ

Анализ опыта осушения Ленинградского месторождения горючих сланцев дает возможность определить гидрогеологические параметры кукерского и таллинского водоносных горизонтов и обосновать прогноз изменения их режима в горных работах на ближайшие несколько лет. Режимные наблюдения в период с 1961 по 1971 год, включающие замеры напоров по наблюдательным скважинам и определение притоков к отдельным шахтам и панелям, позволяют определить водопроводимость водоносных горизонтов (km), водоотдачу их (μ), а также условия питания водоносных горизонтов по площади. Применение аналитических методов затрудняется из-за сложной конфигурации горных выработок и неустановившегося режима фильтрации в течение рассматриваемого 10-летнего периода. В этих условиях целесообразно использовать широкие возможности электрического моделирования процесса неустановившейся фильтрации.

Для определения на электрических моделях фильтрационных параметров кукерского и таллинского водоносных горизонтов -

тов воспроизводилось развитие депрессионных воронок с 1961 по 1971 год. Моделирование выполнялось на RC -моделях с помощью электроинтегратора нестационарных процессов типа ЭИИП 3/66^X. Электрические параметры моделей, подобранные таким образом, чтобы электрический процесс на модели функционально соответствовал реальному процессу снижения напоров, с помощью масштабных коэффициентов могут быть пересчитаны в соответствующие величины гидрогеологических параметров.

Как известно, плановая RC -модель состоит из сетки активных сопротивления (R), соответствующих водопроницаемости моделируемого водоносного горизонта, и конденсаторов (C), подключенных к каждой узловой точке сетки; емкости конденсаторов соответствуют водоотдаче водоносного горизонта. Конфигурация сетки соответствует очертаниям поля фильтрации.

Скорость изменения электрических потенциалов на модели определяется величиной произведения RC , скорость снижения уровней (напоров) водоносного горизонта пропорциональна коэффициенту уровнепроводности (пьезопроводности) $a = \frac{km}{\mu}$. Следовательно, связь между временем протекания фильтрационного процесса ($t_{\text{нат}}$) и электрического процесса ($t_{\text{мод}}$) может быть охарактеризована формулой

$$\frac{t_{\text{нат}}}{t_{\text{мод}}} = m_t = \frac{\mu \Delta x^2}{km \cdot RC},$$

где $m_t = \frac{t_{\text{нат}}}{t_{\text{мод}}}$ — масштаб времени, Δx — длина стороны элементарного участка поля фильтрации, которому соответствует сопротивление R .

Решение задачи по определению коэффициента пьезопроводности ($a = \frac{km}{\mu}$) сводится, в конечном итоге, к определению времени $t_{\text{мод}}$, которое характеризуется моментом достижения во всех точках модели электрических потенциалов, отвечающих известным напорам водоносного горизонта в известный момент времени $t_{\text{нат}}$. При этом на вершины конденсаторов подаются

x) И.Е.Жернов, В.М.Шестаков. Моделирование фильтрации подземных вод. "Недра", 1971.

потенциалы, отвечающие напорам в соответствующих точках на момент времени $t = 0$ (в нашем случае — напоры на 1961 г.). Время течения процесса на модели ($t_{\text{мод}}$) определяется с помощью электроинтегратора — осциллографа. Затем коэффициент пьезопроводности α рассчитывается по выведенной формуле.

Величина водопроницаемости горизонтов определяется расчетом или моделированием задачи в стационарной постановке по участкам, прилегающим к подземным выработкам, в пределах которых режим близок к установившемуся. Для этих участков картина распределения напоров на любой расчетный момент времени и соответствующая ей величина притока к горной выработке должны быть известны. Эту задачу проще решить методом электроанalogии, так как участки обычно характеризуются сложной конфигурацией границ. Определив водопроницаемость водоносного горизонта (km) на бумажной модели^x и имея вычисленную ранее величину пьезопроводности $\alpha = \frac{km}{\mu}$, можно рассчитать величину водоотдачи (μ).

Приведенные ниже результаты получены на основе моделирования развития депрессионных воронок кукуерского и таллинского водоносных горизонтов в пределах значительной по площади территории, прилегающей к шахтному полю (36 x 36 км).

Водопроницаемость кукуерского водоносного горизонта изменяется в пределах шахтного поля в пределах от 20 (поля шахты им. С. М. Кирова) до 30 м²/сутки (поля шахт 3 и Ленинградской). Средняя величина водопроницаемости кукуерского водоносного горизонта может быть принята равной 25 м²/сутки. Интересным результатом моделирования условий осушения кукуерского водоносного горизонта явились данные об изменении расчетной величины водоотдачи по площади развития горизонта. В пределах обрабатываемой площади величина коэффициента урвнеспроводности равна $3,5 \cdot 10^2$ м²/сутки, что соответствует расчетной величине

x) И. Е. Жернов, В. М. Шестаков. Моделирование фильтрации подземных вод. "Недра", 1971.

водоотдачи^x $\mu = 0,072$. За пределами обрабатываемой площади расчетная величина коэффициента пьезопроводности равна $1,8 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{сутки}$, а водоотдача $\mu = 0,015$. Таким образом, расчетная величина водоотдачи в пределах площади обработки в 5 раз превышает значение этого параметра по периферийным частям рассматриваемой области развития кукерского горизонта. Это объясняется тем, что кукерский водоносный горизонт представляет собой частое переслаивание известняков, глинистых известняков, сланцев, причем мощность отдельных прослоев редко превышает 20–30 см. Вне обрабатываемой части шахтных полей движение воды происходит, главным образом, по системе горизонтальных трещин напластования, гидравлически связанных между собой редкими вертикальными трещинами северо-восточного и северо-западного направления. Фильтрация имеет чисто напорный характер, и водоотдача отвечает упругоэластичности пласта. Питание горизонта во внешней зоне осуществляется за пределами месторождения, к юго-востоку от него, на площади выклинивания вышележащих глинистых известняков шундоровского горизонта среднего ордовика, являющихся относительным водупором. Полученные в результате моделирования величины водопроводимости внешней зоны кукерского водоносного горизонта согласуются с результатами опробования скважин при геолого-разведочных работах, водоотдача по результатам разведки получается меньшей.

В пределах обрабатываемой площади шахтных полей характер питания водоносного горизонта и фильтрации существенно меняется. Со снижением напора на 60–70 м до кровли водоносного горизонта и ниже упругая водоотдача сменяется гравитационной. Значение водоотдачи определяется трещиноватостью и кавернозностью пород. В процессе проходки горных выработок, в особенности очистных, и посадки кровли на обработанных

^x) Под расчетной величиной водоотдачи в данном случае понимается комплексный гидрогеологический параметр, учитывающий характер упругой и гравитационной водоотдачи водоносного горизонта, а также условия его питания по площади (в частности, за счет перетекания).

участках трещины в кровле раскрываются, появляются трещинно-заколы, пересекающие не только кукерский водоносный горизонт, но и вышележащий шундоровский водоупор. В результате этого горизонт получает дополнительное питание из верхних — иевско-го и везенбергского — водоносных горизонтов, связанных с сильно закарстованными известняками и доломитами верхнего и среднего ордовика. Перетекание воды из верхних горизонтов обеспечивается перепадом напоров между кукерским и вышележащими водоносными горизонтами. До начала эксплуатации месторождения (в настоящее время за пределами сформировавшихся депрессионных воронок) пьезометрическая поверхность кукерского водоносного горизонта располагалась на 1–2 м выше иевско-го и везенбергского. В настоящее время уровни воды кукерского горизонта во внутренней зоне на 50–60 м ниже, депрессионная воронка в этом горизонте развивается значительно интенсивнее, и условия для перетекания воды из верхних водоносных горизонтов в нижние по мере отработки месторождения улучшаются. Помимо перечисленных причин, этому в значительной мере способствуют и плохо затампонируемые стволы разведочных и технических скважин. Наиболее крупные очаги перетекания (например, в юго-западной части района I шахты Ленинградской) хорошо улавливаются гидрохимическим методом. За пределами обрабатываемой площади (внешняя зона) разность напоров водоносных горизонтов, разделенных относительными водоупорами, значительно меньше, т.е. предпосылки для перетекания уменьшаются. Условия питания кукерского горизонта в процессе отработки месторождения будут изменяться и в дальнейшем. Это обстоятельство необходимо учитывать при прогнозировании обводненности очистных участков по данным гидрогеологического опробования разведочных скважин.

Величина водопроницаемости таллинского водоносного горизонта, полученная по результатам моделирования, составляет в среднем $45 \text{ м}^2/\text{сутки}$. Однако в отличие от кукерского водопроницаемость таллинского горизонта существенно изменяется по площади. Максимальная величина водопроницаемости выявлена в районе шахты им. С.М.Кирова, а минимальная — по району I шах-

ты Ленинградской, соответственно 160 и 30 м²/сутки. В районе шахты 3 величина водопроницаемости равна 60 м²/сутки. Эти результаты получены при следующем распределении суммарного притока из таллинского водоносного горизонта: по шахте Кирова — 41, по району I шахты Ленинградской — 21, по шахте 3 — 16, по району II шахты Ленинградской — 22%. Расчетная величина водоотдачи таллинского водоносного горизонта (μ) 0,0027 при значении коэффициента проницаемости $a = 1,7 \cdot 10^4$ м²/сутки. Эти параметры мало меняются по рассматриваемой территории.

Полученное распределение водопроницаемости таллинского водоносного горизонта по площади отражает его гидрогеологические особенности и историю обработки месторождения. Таллинский горизонт представлен массивными породами — известняками и доломитами, пересеченными сложной системой карстовых ходов и полостей, и отделен от подошвы горных выработок пачкой мергелей и глинистых известняков мощностью 10–12 м; в отдельных случаях карстовые полости приближаются к подошве выработок. В процессе обработки месторождения существенных нарушений подошвы выработок не происходит. Единственной причиной, которая может привести к разлому подошвы, является высокий напор подземных вод таллинского водоносного горизонта. Первым образовалось поле шахты им.С.М.Кирова. Напор в таллинском водоносном горизонте был в это время около 10 атм (над подошвой горных выработок). Значительная величина избыточного напора способствовала частому возникновению прорывов воды, приток из которых достигал 300–400 и даже 1000 м³/час (14/II 1936 г), нарушению сплошности каналов и подошвы выработок, выносу песчано-глинистого заполнителя из крупных карстовых пустот и увеличению водопроницаемости горизонта. По мере формирования депрессионной воронки величина напора в таллинском водоносном горизонте постепенно снижалась. В настоящее время только в крайней южной части отработанной площади она достигает 2,5–3,0, на большей же части площади не превышает 1,0 атм. Прорывы воды происходят очень редко, и дебит их не выше 100–150 м³/час. Горные работы теперь никак не влияют на изменение гидрогеологических параметров горизонта, полученные величины можно принять за средние, а уточненные при разведоч-

ных работах параметры — использовать для прогноза обводненности конкретных участков месторождения.

Приведенные расчетные значения гидрогеологических параметров были использованы для прогноза пьезометрических поверхностей кукерского и таллинского водоносных горизонтов на 1975 и 1980 гг., выполненного на основе моделирования. Анализ полученных результатов показывает, что темпы снижения уровней (напоров) этих водоносных горизонтов вблизи обрабатываемой площади постепенно уменьшаются, происходит стабилизация внутренней части депрессионных воронок. Остаточные напоры в кукерском водоносном горизонте при проектируемых темпах отработки будут по-прежнему небольшими (не более 0,5–0,7 атм). Для таллинского водоносного горизонта темпы снижения уровня в пределах обрабатываемой площади будут несколько опережать темпы отработки, т.е. на северном крыле месторождения до конца рассматриваемого периода пьезометрическая поверхность будет располагаться вблизи и ниже подошвы горных выработок, на южном крыле избыточные напоры не превысят 2–2,5 атм над подошвой выработок. Таким образом, при проектировании и организации технического водоснабжения на северном крыле нужно иметь в виду возможность прекращения самоизлива скважин. Опасность прорывов подземных вод в почву горных выработок на новых обрабатываемых площадях в период до 1980 г. исключена для северного крыла и будет существенно уменьшаться по мере отработки южного крыла.

А.С.Левин

НОВЫЕ ДАННЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРЕВНЕГО
ГЛУБИННОГО КАРСТА ЛЕНИНГРАДСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ^х

Своеобразные геологические образования в промышленном пласте горючих сланцев Ленинградского (бывшего Гдовского) месторождения впервые наиболее полно и детально были описаны Б.П.Асаткиным (1938 г.). На месторождении они получили названия "трещин-жил" и "древнего глубинного карста".

Согласно нашим исследованиям, трещины-жилы можно рассматривать как инъекционные кластические дайки [7]. Генетически с этими дайками в промышленном пласте горючих сланцев связано образование древнего глубинного карста, который развивается вдоль их простирания в виде довольно узких вытянутых линз глин. В промышленном пласте выделяются одиночные и групповые карстовые нарушения различной протяженности. На отработанной площади месторождения ($\sim 35 \text{ км}^2$) вскрыто свыше 200 карстовых нарушений. В крупных нарушениях, которые составляют около 80% от общего числа нарушений, протяженность линз глин достигает 600-1800 м и более при ширине до первых десятков метров. К групповым относятся сближенные нарушения, образующие достаточно выдержанные зоны. Расстояние между карстовыми нарушениями вкrest их простирания колеблется от 300 до 600 м. На Ленинградском месторождении инъекционные кластические дайки и развитый по ним глубинный карст формируют

^х) Печатается в порядке обсуждения проблемы происхождения глубинного карста.

мелкоблоковую, пологоступенчатую структуру шахтных полей, что в значительной мере определяет горногеологические условия их разработки.

Изучением этих новообразований в разное время занимались на Ленинградском месторождении Б.П.Асаткин, В.В.Левыкин, М.А.Гатальский, М.С.Газизов, Н.Г.Паукер, В.В.Кирыков, Г.П.Дубарь, А.И.Коротков, И.Ф.Майоров и др. М.С.Газизов [2,3] дал представление о зональности карстовых нарушений в Прибалтийском сланцевом бассейне и выделил три структурные зоны: трещиноватости, дробления и остаточных глин — и пять генетических, из которых особое внимание уделено зонам окисления и сульфидного оруденения. Несмотря на многочисленные исследования, происхождение глубинного карста во многом остается не выясненным. Первоначально ряд исследователей (Б.П.Асаткин, В.В.Левыкин, М.А.Гатальский и др.) допускали, что заполнение разработанных водой карстовых полостей происходило за счет дельвия карбонатных пород и привноса осадков, накопивавшихся в среднедевонское время, с поверхности по разработанным карстовым трактам. Эволюция представлений о процессах развития глубинного карста привела к объяснению их формирования в результате сложных геохимических процессов. Возможная схема развития этого карста предложена М.С.Газизовым [2, 3]. В ней химизм формирования карста определялся ведущей ролью процессов окисления сульфидных минералов холодными карстовыми водами вертикальной нисходящей циркуляции.

Геохимическая характеристика глубинного карста неоднократно привлекала внимание исследователей. Б.П.Асаткиным (1938 г.) впервые были отмечены основные особенности глубинного карста: преимущественное развитие его в слоях горючих сланцев, наличие вторичной доломитизации во вмещающих карбонатных породах, бедного сульфидного оруденения и резкое изменение литологического состава пород. Последующими исследованиями установлено, что основные процессы изменения нормального разреза в карстовых нарушениях: доломитизация, сульфидизация, кальцитизация, разложение и вынос органичес-

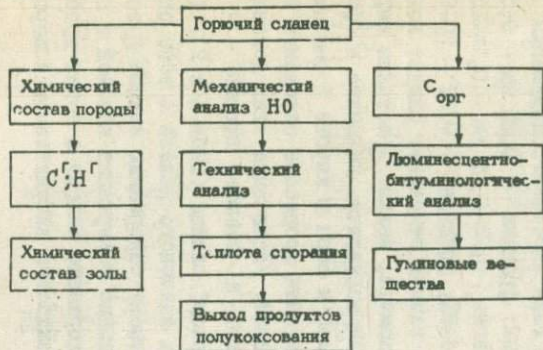
кого вещества и карбонатов - приурочены к структурным зонам дробления и остаточных глин и к генетической зоне окисления (к черному "порченому" сланцу). Эти зоны наиболее просто выделяются в карстовых нарушениях.

Геохимические исследования нормального и измененного разрезов проводились в 1969-1971 гг. Первое направление исследований включало изучение вещественного состава горючих сланцев и известняков промышленного пласта; второе - изучение изменений органического вещества - керогена. Разрез, вскрытый горными выработками шахты Ленинградская, был обследован по карстовым нарушениям I (район 1) и XXУ^а (район 2). По структурным и генетическим зонам карстовых нарушений было отобрано 47 проб, в том числе по карсту I-24 и по карсту XXУ^а-23 пробы. Методика изучения органического вещества и обработка результатов проводилась в соответствии с "Руководством по анализу битумов и рассеянного органического вещества горных пород" (ИНИГРИ-ВНИГНИ, 1966) (См. схему).

Карбонатная составляющая. В карстовом нарушении I отчетливо прослеживается отмеченная предыдущими исследованиями, повышенная вторичная доломитизация по разделяющим прослоям известняков и вторичная кальцитизация в центральной части зоны остаточных глин. В карстовом нарушении XXУ^а несколько повышенное содержание MgO отмечено в породах зоны остаточных глин. Карст I рассечен горной выработкой в зоне максимального его развития в промпласте горючих сланцев, а карст XXУ^а обследован на замыкании карстового нарушения. Видимо, этим объясняется отсутствие явления вторичной доломитизации в карсте XXУ^а.

По мнению Н.Ф.Майорова (1967 г.), в карстовых нарушениях доломитизация обусловлена метасоматическими процессами. Она проявилась на первых этапах развития глубинного карста и была одной из основных причин его образования. По Н.Ф.Майорову, этот процесс происходил в закрытой водной среде, когда базис эрозии был выше отложений верхнего ордовика. Согласно воззрениям Н.М.Страхова, метасоматическое замещение кальцита доломитом происходит при повышенном щелочном резерве. При

КОМПЛЕКСЫ АНАЛИЗОВ НОРМАЛЬНОГО РАЗРЕЗА,
ИЗМЕНЕННЫХ ПОРОД ЗОНЫ ДРОБЛЕНИЯ И ЧЕР-
НОГО "ПОРЧЕНОГО" СЛАНЦА (ЗОНА ОКИСЛЕНИЯ)



КОМПЛЕКСЫ АНАЛИЗОВ ЗОНЫ ОСТАТОЧНЫХ ГЛИН



Схема гехимических исследований

этом увеличение щелочного резерва сопровождается изменением рН среды в сторону больших значений. Наличие метасоматической доломитизации глубинного карста указывает, видимо, на повышенный щелочной резерв водной среды.

В структурных зонах дробления и остаточных глин и в генетической зоне окисления особенно отчетливо проявились процессы выщелачивания карбонатов, также отмеченные прежними исследованиями. Содержание карбонатов, по сравнению со слоями сланца в нормальном разрезе, резко падает и достигает минимальных значений в зоне остаточных глин (карст XXV^a). Этот процесс компенсируется явлениями вторичной кальцитизации в карсте I.

Терригенный материал. Наблюдается резкое увеличение количества терригенного материала в слоях горючих сланцев в зонах дробления, окисления и особенно в зоне остаточных глин. Это явление, обусловленное значительным выщелачиванием карбонатов, разложением и выносом органического материала из карстовых зон окисления и остаточных глин, также установлено ранее. По С.Г.Вишнякову (1938 г.), гранулометрический состав глин карстового нарушения V (шахта им.С.М.Кирова) следующий: фракция > 0,25 мм - 0,5% (почти полностью пирит); фракция 0,25-0,05 мм - 0,2-20%; фракция 0,05 - 0,01 мм - 4-8%; фракция < 0,01 - 70-98%. В качестве макровключений в глинах отмечены: слюда, конкреции и прослой известняка и доломита, мелкие кристаллы пирита и хорошо ограниченные кристаллы марказита, галенита и сфалерита.

Соотношение форм железа и серы в карсте I вызывает серьезные сомнения в проявлении процессов окисления при формировании карстовых нарушений. Увеличение этих показателей отмечено в зоне дробления и резкое падение - в зоне окисления, в черном "порченом" сланце (табл.1 и 2). Характерно отношение окисного и закисного железа в зоне окисления, близкое к единице. Повышенному содержанию железа в зоне дробления соответствуют повышенные содержания валовой и пиритной серы. Довольно высокое содержание железа в зонах дробления и остаточных глин не сопровождается лимонитизацией пород. В

Содержание Fe_2O_3 и FeO , %

С л о я	Нормальный разрез	Карстовое нарушение 1, зоны			
		дробленка	окисления	остаточных глин	
				краевая часть	центральная часть
I	$\frac{2,75^x}{0,54}$	$\frac{3,72}{0,72}$	$\frac{1,39}{1,23}$	$\frac{2,88}{1,22}$	$\frac{8,20}{0,89}$
	Известняк "плита"	$\frac{0,91}{0,80}$	$\frac{1,95}{1,08}$	-	-
II	$\frac{1,83}{0,87}$	$\frac{2,77}{0,85}$	-	-	$\frac{2,44}{0,88}$
	Известняк "кулак"	$\frac{1,10}{0,84}$	-	-	-
III	$\frac{1,63}{0,78}$	$\frac{8,10}{1,10}$	$\frac{1,36}{1,23}$	$\frac{3,88}{1,34}$	$\frac{2,42}{1,03}$
	Известняк "свиноха"	$\frac{1,44}{0,72}$	$\frac{1,50}{1,44}$	-	-

x) В числителе - содержание Fe_2O_3 ; в знаменателе - FeO .

Таблица 2

Содержание валовой и пиритной серы и SO_2 , %

С л о я	Нормальный разрез		Карстовое нарушение 1, зоны							
			дробления	окисления	остаточных глил					
					краевая часть	центральная часть				
I	$\frac{2,35}{1,71}$	0,34 ^x	$\frac{2,87}{2,18}$	0,20	$\frac{0,59}{0,15}$	нет	$\frac{0,74}{0,59}$	нет	$\frac{0,18}{0,18}$	нет
Известняк "плита"	$\frac{0,32}{0,15}$	0,03	$\frac{1,05}{0,91}$	0,16	-	-	-	-	$\frac{0,21}{0,15}$	нет
II	$\frac{1,44}{0,80}$	0,06	$\frac{1,87}{1,29}$	0,13	-	-	-	-	$\frac{0,20}{0,09}$	нет
Известняк "хулак"	$\frac{0,43}{0,37}$	0,03	-	-	-	-	-	-	$\frac{0,05}{0,02}$	нет
III	$\frac{1,64}{0,78}$	0,09	$\frac{5,10}{4,31}$	0,36	$\frac{0,59}{0,07}$	нет	$\frac{1,73}{1,51}$	нет	$\frac{0,19}{0,08}$	нет
Известняк "сипска"	$\frac{0,36}{0,17}$	0,05	$\frac{1,45}{0,38}$	нет	-	-	-	-	$\frac{0,20}{0,22}$	нет

x) В числителе - сера валовая; в знаменателе - сера пиритная, скобу - SO_2 .

частности, остаточные глины имеют голубовато-зеленую окраску. Локализация сульфидов приурочена преимущественно к зоне дробления, в виде местных скоплений она наблюдается в краевой части, и наиболее низкое содержание сернистых соединений свойственно центральной части зоны остаточных глин (табл.2). Некоторая концентрация сульфатных соединений отмечена в зоне дробления и полностью отсутствует в зонах окисления и остаточных глин (табл.2). Приведенные факты позволяют считать, что основные геохимические процессы в карстовых нарушениях происходили в условиях восстановительной или слабовосстановительной среды. В качестве рабочей гипотезы выдвигается предположение о растворении сульфидных минералов в зоне окисления в условиях щелочной и восстановительной среды с последующим переотложением их в зоне дробления. Формирование локальной сульфидной минерализации в краевой части зоны замещения, видимо, обусловлено теми же причинами. Принятие этой гипотезы позволяет довольно просто объяснить образование эпигенетических сульфидов в трещинах-жилах на продолжении карстовых нарушений, формирование хорошо ограненных кристаллов пирита, марказита, сфалерита и галенита в зоне остаточных глин и метасоматоза пирита - марказитом, пирита - галенитом и т.д.

Своеобразным элементом - индикатором карстовых нарушений - оказался хлор. Содержание хлора в горючих сланцах зоны дробления составило 0,10-0,21%, тогда как в зоне окисления и остаточных глин - 0,03-0,07%. Характерно, что и в пробах нормального разреза, отобранных вблизи карстовых нарушений, также отмечено повышенное содержание хлора 0,03-0,18%. По данным химических анализов проб нормального разреза, на участках, где отсутствуют эти нарушения, хлор не обнаружен (шахты 3 и им.С.М.Кирова).

Органическое вещество - кероген. На Ленинградском месторождении степень метаморфизма органического вещества - керогена в горючих сланцах невысокая и соответствует бурогольной стадии. Определение органического углерода ($C_{орг}$) проводилось для установления коли-

Таблица 3

Содержание $C_{орг}$ и количество органического вещества, %

С л о й	Нормальный разрез	Карстовое нарушение 1, зоны			
		дробления	окисления	остаточных глини	
				краевая часть	центральная часть
I	<u>29,96</u> ^x	<u>34,86</u>	<u>35,31</u>	<u>0,35</u>	<u>0,08</u>
	39,83	46,10	46,98	0,46	0,11
Известняк "плита"	<u>0,24</u>	<u>0,34</u>	-	-	<u>0,24</u>
	0,32	0,45	-	-	0,32
II	<u>31,59</u>	<u>31,87</u>	-	-	<u>0,06</u>
	42,01	41,72	-	-	0,08
Известняк "кулак"	<u>4,14</u>	-	-	-	<u>0,10</u>
	5,51	-	-	-	0,13
III	<u>37,21</u>	<u>41,10</u>	<u>34,89</u>	<u>0,05</u>	<u>0,07</u>
	49,49	54,66	46,32	0,07	0,09
Известняк "снизоха"	<u>1,40</u>	-	<u>2,60</u>	-	<u>2,69</u>
	1,86	-	3,48	-	3,84

x) В числителе - $C_{орг}$; в знаменателе - количество органического вещества в породе (при расчете использовался коэффициент 1,38); содержание гуминовых веществ - менее 5%.

чества органического вещества в породах нормального и измененного карстом разрезов промшлста горючих сланцев. В глубинном карсте четко выявляется тенденция к повышению количества органического вещества в зоне дробления на 3-4% (за счет выщелачивания карбонатов) и резкому падению (на два-три порядка) в остаточных глинах (табл.3). По карсту XXV^a на границе зон окисления и остаточных глин отобраны крупные штуфы, которые включали две литологические разности: черный "порченный" сланец и глину. Резкое уменьшение содержания органического вещества происходит на границе раздела этих зон (табл.4).

Таблица 4

Изменение содержания органического вещества на границе раздела зон, %

Слов	Штуф	Проба	Черный "порченный" сланец	Глина
I	18	19 ^a	$\frac{18,53^x}{24,64}$	-
		18	-	$\frac{0,07}{0,08}$
		17 ^a	$\frac{29,08}{38,61}$	-
II	18	17	-	$\frac{0,79}{1,05}$
		18 ^a	$\frac{34,84}{46,34}$	-
		18	-	$\frac{0,27}{0,35}$

х) Количество органического углерода (числитель) в составе органического вещества (знаменатель).

Органическое вещество в целом характеризуется содержанием отдельных групп компонентов: битумоидов, гуминовых кислот и нерастворимого в органических растворителях остатка.

Содержание битумоидов в сланцах нормального разреза составляет 0,03-0,08%; аналогичное количество отмечено в

зоне дробления. Зона окисления содержит 0,32–0,7% битумоидов А + С. Резкое снижение извлекаемых битумоидов отмечено в зоне остаточных глин 0,0012–0,004%. Таким образом, в зоне окисления содержание извлекаемых битумоидов на один порядок выше фоновых и два–три порядка выше, чем в зоне остаточных глин. В пересчете на органическое вещество содержание битумоидов достигает в зоне окисления 0,68–1,81%, а в остаточных глинах до 3,77%. Просмотр образцов пород глубинного карста под люминесцентной лампой не выявил признаков неравномерности распределения битуминозных веществ. Очевидно, что образование битуминозных веществ в зонах окисления и остаточных глин обусловлено эпигенетическими процессами. Сопоставление характера битумоидов, образующих фон, с битумоидами максимальных содержаний позволяет констатировать в породах наличие вторичных концентраций битумов, не обнаруженных при непосредственном осмотре каменного материала. Высокие концентрации вторичного битума аномальных зон позволяют говорить о наличии в черном "порченом" сланце скрытых форм битумопроявлений.

В процессе изучения органического вещества – керогена в различных зонах глубинного карста были выделены гуминовые кислоты (извлекаемые щелочным водным раствором). По данным анализов, максимальная концентрация гуминовых кислот отмечена в зоне окисления (0,384–2,09%). В нормальном неизменном разрезе и в зоне дробления эти содержания составляют 0,001–0,03%. В пересчете на органическое вещество гуминовые кислоты достигают наибольших значений в зонах окисления до 4,5% и остаточных глин до 42,2%. Поскольку процессы изменения органического вещества в карстовых нарушениях, очевидно, проходили без окисления, природа гуминовых веществ неясна. При этом следует иметь в виду, что исходное органическое вещество было представлено планктоном или фитопланктоном без какого-либо участия высших растений.

Весьма характерно изменение содержания углерода и водорода в слоях сланца, рассчитанных на горючую массу (C^r и H^r) (табл.5).

Таблица 5

Содержание углерода и водорода в пересчете на горючую массу, %

Слой	Нормальный разрез	Карстовое нарушение 1, зоны		
		дробления	окисления	черного сланца ("ксенолит")
I	$\frac{83,87}{9,68}$ 8,7 ^x	$\frac{86,35}{11,59}$ 7,45	$\frac{77,8}{9,2}$ 8,46	$\frac{78,25}{8,88}$ 8,13
III	$\frac{78,76}{10,01}$ 7,86	$\frac{60,53}{10,04}$ 8,02	$\frac{77,25}{8,37}$ 9,23	-

x) В числителе - содержание углерода, в знаменателе - водорода, сбоку - их отношение.

В зоне дробления карста I по слоям сланца отмечено некоторое повышение C^T и H^T . В зоне окисления содержание этих компонентов по слоям сланца уменьшается, тогда как отношение $C^T : H^T$ возрастает. Аналогичная закономерность отмечена в карстовых нарушениях Северной Эстонии [1]. Такое соотношение рассматриваемых величин позволяет высказать предположение о термическом воздействии на кероген горючих сланцев.

Таким образом, зона дробления характеризуется: максимальной вторичной доломитизацией разделяющих прослоев известняков; наличием явлений выщелачивания карбонатов; максимальным развитием вторичной сульфидизации; относительной концентрацией сульфатов; некоторым повышением содержания органического вещества - керогена за счет выщелачивания карбонатов и фоновым содержанием ^x битумоидов, гуминовых кислот и остаточного органического вещества. Основные процессы изменения органического вещества приурочены к зоне окисления. Эта зона характеризуется: отсутствием процессов вторичной доломитизации и кальцитизации, активным выщелачиванием карбонатов, максимальным выносом сульфидов, максимальным содержанием битумов, гуминовых кислот и уменьшением содержания остаточного органического вещества. Все эти процессы приурочены к маломощной зоне черного "порченого" сланца, которая в виде оторочки располагается по границам зоны остаточных

x) Под фоновым содержанием понимается содержание определенных компонентов, свойственное нормальному неизменному разрезу промышленного пласта горючих сланцев.

глин. В зоне остаточных глин слоям горючих сланцев соответствуют слои голубовато-зеленой глины, где отмечаются процессы максимальной вторичной кальцитизации, максимального выщелачивания карбонатов (при отсутствии явлений вторичной кальцитизации) и минимальные содержания органического вещества, подвергнувшегося эпигенетическим процессам. Результаты анализов позволяют высказать предположения, что изменения органического вещества в зоне окисления (по М.С.Газизову) можно рассматривать как проявление процессов термической деструкции керогена горючих сланцев в условиях щелочной и восстановительной среды.

По Д.С.Соколову [5], карст развивается там, где одновременно сочетаются четыре основных условия: наличие растворимых горных пород; их водопроницаемость; движущиеся воды и их растворяющая способность. Выпадение любого из этих условий (во времени и пространстве) исключает возможность развития карста. Современными исследованиями установлено, что горючие сланцы газо- и водонепроницаемы, а кероген практически не растворим в воде, щелочах, кислотах и органических растворителях [4, 6]. Относительно небольшое содержание и довольно равномерное распределение карбонатов в горючих сланцах не способствует развитию карстовых процессов. На Ленинградском месторождении промышленный пласт горючих сланцев рассматривается как устойчивый и выдержанный водоупор. Следовательно, выпадают два из основных условий развития карста.

Существующая точка зрения на формирование глубинного карста на Ленинградском месторождении [2, 3], по нашему мнению, имеет следующие противоречия:

1) поступление карстовых вод в промпласт представляется маловероятным, так как: а) относительно слабо расчленена толща карбонатных пород кровли, что подтверждается разобщенностью водоносных горизонтов, зонами аэрации над выработанным пространством в шахтах, мощными депрессионными воронками в водоносных горизонтах на отработанной площади, отсутствием активных притоков на ней и преобладанием горизонтального движения подземных вод; б) слабо развиты карстовые процессы в

средней части карбонатного массива; в) четкая и выдержанная гидрохимическая стратификация гидрогеологического разреза нарушается в результате деятельности горнодобывающих предприятий; г) отмечены относительные водоупоры в породах кровли;

2) карстовые нарушения должны развиваться при минимальной мощности карбонатных пород кровли, что максимально облегчает формирование вертикальной циркуляции карстовых вод. На Ленинградском месторождении имеет место иная зависимость. Глубинный карст максимально развит в наиболее погруженной части отработанной площади (шахта 3), где глубины достигают 100 м и более, а кровля представлена карбонатными породами среднего и верхнего ордовика, перекрытыми девонскими песчано-глинистыми отложениями.

Прежде чем рассматривать возможные условия образования древнего глубинного карста, приведем данные ряда исследователей.

Согласно данным С.С.Семенова и Ю.И.Корниловой, при термической обработке керогена кукурсита в присутствии воды способом, названным А.Жилле термогидролизом, кероген изменяется в сторону асфальтизации [6].

По данным П.К.Когермана, термическая неустойчивость кукурсита начинает проявляться уже при температуре ниже 200°C . "Внутренняя перестройка керогена, сопровождающаяся отщеплением воды и окислов углерода, хотя и начинается выше 150°C , но заметно ускоряется лишь в интервале температур $275-300^{\circ}$ " [6, стр.75].

"К ранним работам по изучению термического воздействия на кукурсит... относится исследование Х.Клевера и К.Мауха... В опыте под давлением (сланец нагревался при 320° в течение 24 час.; максимальное давление 36 атм) выход растворимого термобитума составил 44,2% на кероген... Интересны полученные ими данные об элементарном составе исходного органического вещества сланца и продуктов его термического разложения:

Элементарный состав, %	C	H	N	S	O
Кероген	72,57	10,47	0,55	1,82	14,59
Термобитум	82,32	7,72	0,26	1,68	8,12
Твердый остаток	77,41	9,80	0,85	1,86	10,28

Остаток нерастворенного органического вещества содержит столько же углерода и водорода, сколько и нормальный неокисленный кероген.

В анализе исходного керогена имеется несомненная ошибка: содержание углерода необычайно низкое, а водорода, при 14,5% кислорода, слишком высокое. Исходя из состава термобитума и остатка, можно сделать заключение, что термическое воздействие при невысоких температурах даже под давлением, приводит к деструкции керогена с образованием только летучих и растворимых соединений без образования так называемого кокса. При этом нерастворимый остаток представляет собой невошедший в процесс исходный кероген. В свое время ни указанные авторы, ни другие исследователи не обратили на это внимания, но этот факт подтверждается современными исследованиями" [6, стр.45].

В качестве рабочей гипотезы примем, что термальные воды, видимо, эндогенного происхождения оказывают влияние на кероген горючих сланцев. Термальные воды могли проникать по ослабленным зонам — инъекционным кластическим дайкам. Источник и пути проникновения глубинных термальных вод не могут быть установлены, так как практически полностью отсутствует геологический материал по фундаменту и осадочной толще, лежащей ниже промышленного пласта горючих сланцев. Косвенные доказательства возможного воздействия термальных вод связываются с эпигенетическими изменениями керогена горючих сланцев, историей развития инъекционных кластических даек, характером локального перемещения сульфидных минералов, их вторичной концентрации в зоне дробления и морфологией карстовых нарушений в промышленном пласте. Воздействием термальных вод объясняются процессы, подобные термогидролизу, а разложение керогена горючих сланцев под давлением привело к образованию летучих и растворимых соеди-

нений без образования кокса. Это подтверждается повышенной концентрацией битуменов в черном "порченом" сланце.

Проведенные исследования позволяют более обоснованно подойти к решению основных вопросов формирования древнего глубинного карста и предложить ряд рабочих гипотез, которые, очевидно, в дальнейшем помогут раскрыть причины приуроченности карста к горючим сланцам, закономерности распределения на площади месторождения и времени его образования.

Л и т е р а т у р а

1. А л у м я з Т.Е. О некоторых физико-химических показателях сланца карстовых нарушений в Эстонском сланцевом бассейне. Горючие сланцы, вып.3, Ин-т химии АН ЭССР, 1959.
2. Г а з и з о в М.С. Горюгеологические условия разработки месторождений прибалтийских сланцев. - В сб. "Разработка и использование запасов горючих сланцев", "Валгус", 1970.
3. Г а з и з о в М.С. Карст и его влияние на горные работы (В условиях Прибалтийского сланцевого бассейна), "Наука", 1971.
4. Г у б е р г р и ц М.Я. Термическая переработка сланца-кукерсита. "Валгус", 1966.
5. С о к о л о в Д.С. Основные условия развития карста. Госгеолтехиздат, 1962.
6. Ф о м и н а А.С., П о б у л ь Л.Я., Д е г т е р е в а З.А. Природа керогена Прибалтийского горючего сланца-кукерсита и его химические сырьевые качества. "Валгус", 1966.
7. Д у б а р ь Г.П., Л е в и н А.С. - Инъекционные кластические дайки в Северной Прибалтике, Изв. АН ЭССР, Химия и геология, том 20, вып.3, 1971.

Э. П. Попов

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРНО-ПЛОТНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОРОД В ПРЕДЕЛАХ КАРСТОВЫХ НАРУШЕНИЙ

Карстовые процессы, сопровождающиеся выщелачиванием карбонатов и перестроением материала, привели к весьма существенным изменениям структурно-плотностного разреза толщи пород кровли в пределах карстовых нарушений.

Чтобы определить возможность использования этих изменений для выявления карстовых нарушений в процессе разведки месторождения, осуществления горногеологического районирования площади, а также прогнозирования устойчивости пород кровли, провели изучение структурно-плотностного разреза с помощью плотностного гамма-гамма-каротажа [4] подземных скважин и шпуров, пробуренных в кровлю выработок на различных расстояниях от зон замещения. Использование специально разработанных шахтной каротажной установки, контрольно-калибровочных устройств [1], методики эталонирования аппаратуры [2] и учет влияния диаметра скважин [3] позволили определить среднюю плотность пачки пород с ошибкой, не превышающей $\pm 0,5\%$, а мощности отдельных слоев с ошибкой, не превышающей ± 1 см.

В связи с достаточной выдержанностью геологического разреза на месторождении, изменения в плотностных свойствах пород в пределах карстовых нарушений выявлялись сравнением измеренных величин плотности и мощности с эталонными разрезами, соответствующими неизменным породам.

Характеристика нормального структурно-плотностного разреза. В пределах изученной толщи пород кровли выделены

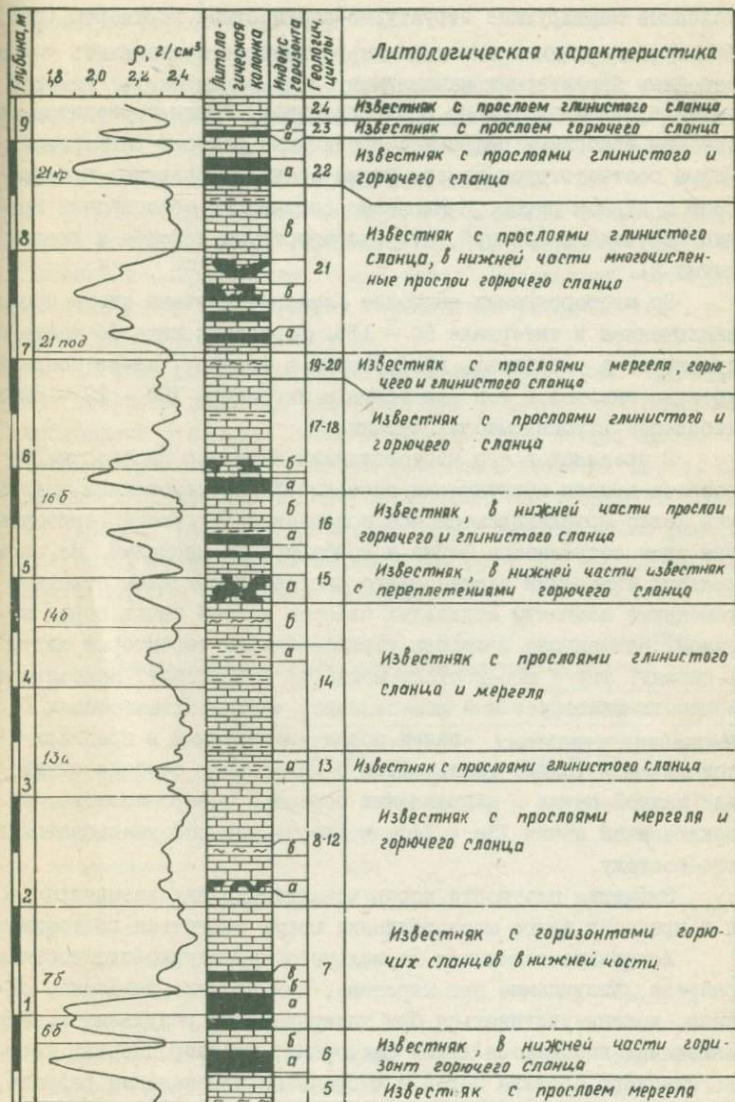


Рис. 1. Своими геологическая и плотностной разрез пород кровли

условные маркирующие структурно-плотностные горизонты (рис. I). На каротажных диаграммах линии горизонтов проводились через середины характерных максимумов (либо минимумов), которые четко прослеживаются по всем скважинам. Линии горизонтов обозначены арабскими цифрами с прописными буквами (индексом). Цифра соответствует номеру ритма осадконакопления, а буква — слову в данном ритме. Исключение составляют обозначения границ "2I под" и "2I кр", что соответствует подошве и кровле ритма 2I.

На месторождении наиболее детально изучена часть кровли, заключенная в интервале 6б — I6б. Горизонты ниже 6б часто отсутствуют в скважинах, пробуренных в штреках, из-за подрывки кровли, вывалов и т.п., а толща в интервале I6б — 23 — из-за небольшой глубины многих скважин.

В пределах всего месторождения характер плотностного разреза кровли практически постоянный. По каротажным диаграммам четко прослеживаются все основные маркирующие горизонты, при этом сохраняется форма и конфигурация аномалий. Из региональных изменений плотностного разреза необходимо отметить изменение мощности отдельных пластов и всей пачки пород в целом. Наименьшая мощность установлена на территории шахты 2. К западу, югу и юго-востоку мощность возрастает. Наибольшая мощность фиксируется в юго-западной части шахтного поля I. Мощности отдельных пачек пород, выделенных в пределах описываемой толщи, уменьшаются с некоторыми особенностями для каждой пачки в направлении севера и северо-востока, за исключением пачки I3а — I4б, мощность которой уменьшается к юго-востоку.

Значения плотности пород меняются крайне незначительно и в пределах всего месторождения могут считаться постоянными.

Локальные изменения нормального структурно-плотностного разреза, выявляемые при каротаже, как правило, невелики, однако, должны учитываться при интерпретации результатов. Эти изменения вызываются двумя факторами: неоднородностью литологического состава пород и вторичными изменениями разреза, связанными с возникновением зон неупругих деформаций после

проходки горных выработок.

Неоднородность литологического состава приводит к колебаниям плотности. Такие колебания характерны для горизонтов горючих сланцев, содержащих конкреции известняков. Особенно заметно это проявляется в пластах 6а и 7а. Плотность известняков является более стабильной величиной.

Возникновение зон неупругих деформаций в кровле выработок сопровождается смещением пластов, возникновением отслоений и разрыхлением горных пород. Вследствие этого расстояние между маркирующими горизонтами увеличивается, а плотность пород уменьшается.

Исходя из характера региональных изменений структурно-плотностного разреза, для различных участков месторождения составлены эталонные плотностные разрезы, по отношению к которым могут быть установлены изменения свойств пород, связанные с процессами карстообразования (см. таблицу). В качестве основных показателей плотностного разреза брали расстояние между маркирующими горизонтами 6б и 16б и среднюю плотность пород в интервале 7б - 16б.

Таблица

Характеристика эталонных структурно-плотностных разрезов

Участок месторождения	Основные показатели разреза	
	мощность в интервале 8б-18б, м	средняя плотность в интервале 7б-18б, г/см ³
Поле шахты 1		
юго-зап. часть	5,24	2,32
сев.-вост. часть	5,19	2,32
Поле шахты им. С.М. Кирова	5,18	2,31
Поле шахты 3		
юго-зап. часть	5,10	2,31
сев. вост. часть	5,13	2,31
Поле шахты 2		
юго-зап. часть	4,98	2,30
сев.-вост. часть	4,94	2,30

Изменения основных показателей для нормального плотностного разреза в пределах выбранных участков месторождения не превышают ошибок определения плотности и мощности пород.

Когда карстовые пересечения попадают на граничные области участков, для которых составлены эталонные разрезы, эталонные величины мощности и средней плотности могут быть определены путем интерполяции, исходя из характера региональных изменений структурно-плотностного разреза в пределах всего месторождения.

Характеристика структурно-плотностного разреза в пределах карстовых нарушений. Из типичных изменений структурно-плотностных свойств пород, связанных с карстовыми явлениями, нужно отметить следующие: изменение мощности отдельных слоев и всей пачки пород кровли в целом, изменение плотности пород и общее смещение (проседание) толщи. Все указанные изменения разреза связаны между собой и проявляются в различной степени в зависимости от расстояния до границы зоны замещения.

1. Изменение мощности может быть четко зафиксировано по изменению расстояния между маркирующими горизонтами. Абсолютная величина изменения мощности невелика. Вследствие этого достоверное установление этих изменений с учетом точности интерпретации каротажных диаграмм возможно при расстояниях между маркирующими горизонтами не менее 1-1,5 м (рис.2).

По мере приближения к оси нарушения мощности отдельных слоев и всей пачки пород кровли в целом закономерно уменьшаются. Мощность начинает возрастать, часто в непосредственной близости от границы зоны даже превышает величину, характерную для нормального неизмененного разреза.

На характер изменения мощности отдельных пластов существенно влияет их литологический состав. Установлено, что наибольшее изменение мощности наблюдается в породах с большим содержанием горючего сланца или мергеля, при этом имеет место как уменьшение, так и увеличение мощности пачки. В породах, состоящих преимущественно из карбонатного материала,

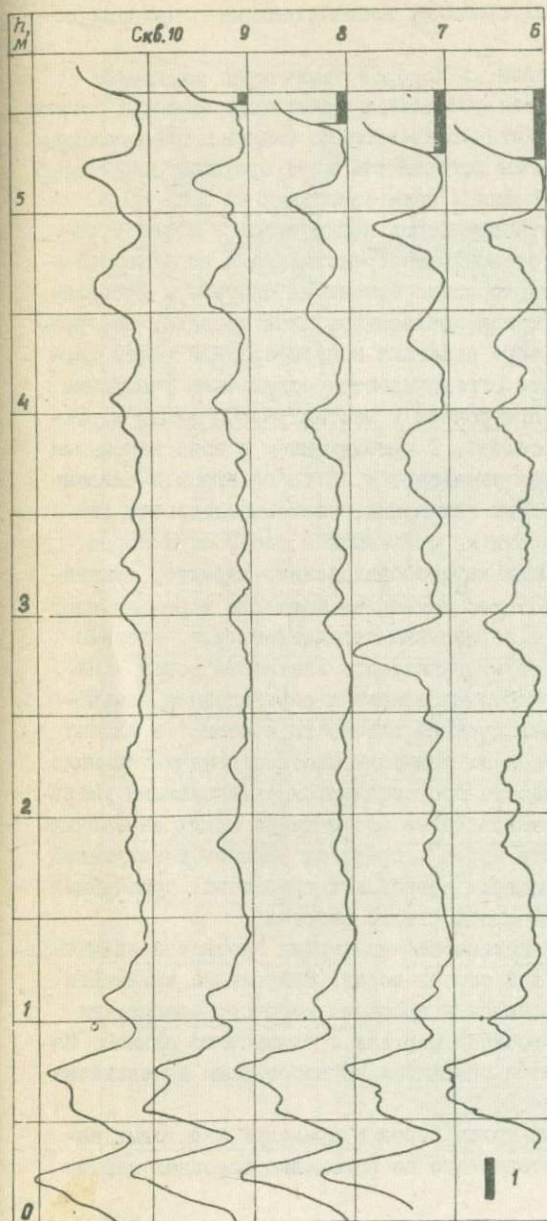


Рис. 2. Изменение мощности пачки пород кровли в интервале между маркирующими горизонтами 66 и 166 по мере приближения к зоне замещения.

Шахта 1, панельно-откаточный штрек 4, карст УШ.
1 - уменьшение мощности

изменения мощности, как правило, незначительные с преобладанием процессов сжатия.

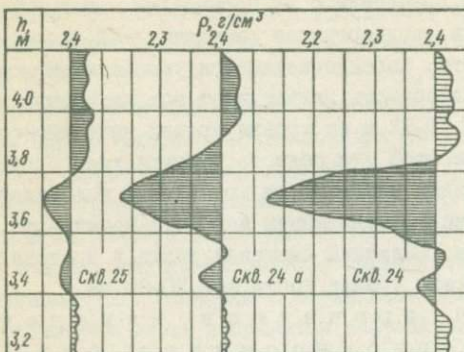
Область пород кровли, в которой отмечаются изменения мощности слоев, является наиболее протяженной. Внешняя граница мощности, которая устанавливается по минимальным изменениям мощности, превышающим погрешности интерпретации каротажных диаграмм, удалена от границы зоны замещения на 10 – 80 м.

2. Изменения плотности пород наблюдаются в более ограниченной области, тяготеющей непосредственно к зоне замещения. Наиболее интенсивно процесс изменения плотности проявляется вблизи зоны замещения, захватывая, как правило, все разновидности пород. По мере движения к периферийной части карста изменение плотности ограничивается отдельными участками пород кровли, которые приурочены к местам расположения мергелистых и сланцевых прослоев. С приближением к зоне замещения средняя плотность слоев уменьшается. В то же время в скважинах, расположенных у зоны замещения, часто наблюдается увеличение средней плотности по сравнению с плотностью пород, не затронутых процессами карстообразования. Характер изменения плотности соответствует изменению мощности пород, но иногда является как бы его зеркальным отражением, т.е. увеличению мощности соответствует уменьшение плотности пород и наоборот. Кроме того, часто наблюдается определенная взаимосвязь между уменьшением средней плотности и мощности слоев: при значительных изменениях мощности плотность меняется мало, а малые изменения мощности сопровождаются интенсивными уменьшениями плотности. Установленные соотношения между изменениями мощности и плотности пород в пределах карстовых нарушений свидетельствуют о совмещении нескольких процессов, приводящих к изменению структурно-плотностного разреза.

На характер и интенсивность изменения плотности значительно влияет литологический состав пород. Наибольшие изменения ($0,3-0,4 \text{ г/см}^3$) наблюдаются в прослоях горючего сланца, несколько меньшие – в прослоях мергеля и глинистого сланца. Известняки характеризуются сравнительно небольшими изменениями до $0,05-0,1 \text{ г/см}^3$ (рис.3).

3. Общее смещение толщи пород в пределах карстовых нарушений может быть установлено по положению основных марки-

a



б

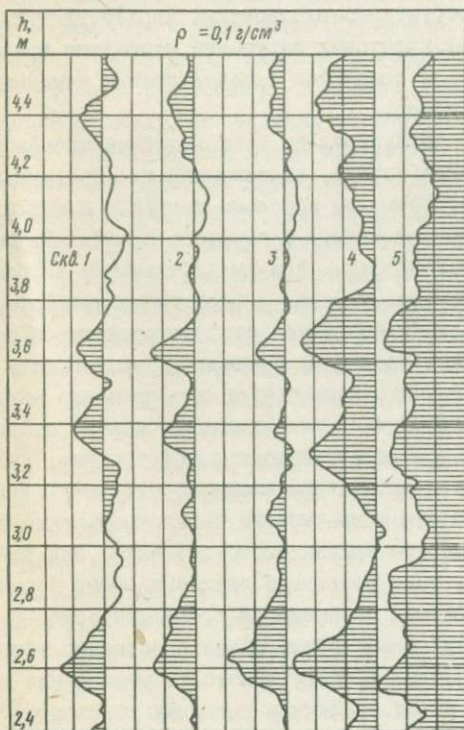


Рис. 3. Уменьшение плотности мергеля (а) и известняка (б) при приближении к зоне замещения. Шахта 3, панельно-откаточный штрек 24, карст ХУ1

рущих горизонтов в сравнении с их нормальным залеганием. Область пород кровли, подвергшихся смещению, как правило, соответствует области, характеризующейся уменьшением мощности. По высоте эта область захватывает всю изученную толщу пород до глубины 10–12 м от уровня кровли панельно-откаточных штоков. С высотой эта область расширяется. В пределах карстовых нарушений наблюдаются проседание вышележащей толщи, вызванное резким уменьшением мощности промпласта, иногда – вспучивания. Величина смещения толщи в пределах изученной части разреза кровли достигает 30–60 см.

Динамика процессов изменения структурно-плотностного разреза. Наблюдаемые структурно-плотностные характеристики пород кровли в пределах карстовых нарушений позволяют представить динамику карстовых процессов с точки зрения изменения плотностных свойств пород.

Подземные воды, циркулируя по тектоническим трещинам, просачивались в боковые породы, видоизменяя их. Просачивание проходило, главным образом, по прослоям мергеля, а также по ослабленным контактам известняка и горючего сланца. Движение вод сопровождалось доломитизацией и выщелачиванием карбонатов, разложением керогена, выносом и перетолжением материала. Воды, по мере развития процесса распространяющиеся первоначально по отдельным прослоям, начинали корродировать прилегающие к ним горизонты известняков и постепенно захватывали всю толщу. Разложение и выщелачивание пород, попавших в сферу влияния водопроводящей тектонической трещины, приводило к возникновению пористых, кавернозных разностей с пониженными значениями плотности и прочности. Когда уменьшение прочности достигало некоторого критического значения, под действием веса вышележащих толщ возникало сдвигание масс пород, сопровождающееся развитием интенсивной трещиноватости. В результате этих сдвижений происходило общее проседание толщи, уменьшение мощности слоев, а также некоторое уплотнение пористых и кавернозных пород. Величина смещения горизонтов определялась, главным образом, интенсивностью процессов выще-

лачивания. Это обуславливает увеличение изменений мощности, а также общего проседания толщи по мере приближения к осевой части карста.

Перемещение масс пород приводило к перераспределению напряжений в массиве, возникновению зон разгрузок и зон повышенного давления. В последнем случае под действием давления могло происходить уплотнение пород и перемещение границ слоев и на участках, где карстовые процессы или не проявились совсем, или крайне слабо. Такие участки характеризуются повышенными по сравнению с нормальным полем значениями средней плотности пород и меньшими значениями мощности. В пределах зон разгрузок возможна обратная картина: увеличение мощности горизонтов и уменьшение средней плотности пород.

Процессы смещения пластов в пределах карстовых нарушений проявились по-разному, поэтому наблюдаются и различные соотношения между изменениями плотности и мощности пород. Если при выщелачивании пород прочностные показатели менялись значительно или величина давления выщелачивающих толщ была недостаточной для преодоления сопротивления сжатия кавернозных пород, процесс смещения имел подчиненное значение. Изменение структурно-плотностного разреза в пределах карстовых нарушений характеризовалось незначительными уменьшениями мощности, небольшим общим смещением толщи и резкими изменениями плотности. В противном случае интенсивные перемещения пластов приводили к практически полному восстановлению плотности пород при их сжатии.

В местах наиболее интенсивного проявления карстовых процессов массив горных пород уже не представлял собой единую монолитную толщу. Практически несвязанные друг с другом отдельные пласты могли перемещаться в вертикальном направлении на различные расстояния, вызывая расслоение пород и локальное увеличение мощности отдельных пачек. Наиболее интенсивно этот процесс проявился в непосредственной близости от зоны замещения, где в результате резкого уменьшения мощности промпачки и более интенсивного перемещения слоев непосредственной кровли в пределах изученной толщи пород кровли обычно

наблюдается увеличение мощности отдельных пластов и всей пачки в целом. Расстояние между маркирующими горизонтами на этих участках часто превышает расстояния, характерные для нормального неизмененного разреза.

Наряду с выщелачиванием и выносом материала из пределов отдельных пачек пород, на некоторых участках имел место и процесс привноса вещества, наиболее интенсивно проявившийся в непосредственной близости от зоны замещения. Привнос вещества мог производиться либо циркулирующими водами, либо путем насильственного внедрения пластичных декарбонатизированных пород, главным образом, горючих сланцев под действием давления вышележащих толщ по трещинам и пустотам, сопровождаясь общим увеличением массы вещества и средней плотности пород в пределах отдельных пачек даже при значительном увеличении мощности этих пачек.

Количественная характеристика изменений структурно-плотностного разреза. Изменения структурно-плотностного разреза в пределах карстовых нарушений обусловили снижение прочностных показателей пород и устойчивости кровли. Достигнутый уровень техники и методики гамма-гамма-метода, обеспечивающий большую точность в определении структурно-плотностных характеристик разреза, позволяет установить некоторые объективные показатели интенсивности карстовых процессов, которые могут быть увязаны с устойчивостью пород в выработках.

В качестве показателя интенсивности карстового процесса может быть принято изменение количества материала $\Delta\rho h$ в пределах определенной пачки пород кровли, равное разности

$$\Delta\rho h = \rho h - \rho_0 h_0, \quad (1)$$

где ρ_0, h_0 и ρ, h — плотность и мощность пачки пород кровли соответственно в пределах нормального неизмененного разреза и в пределах карстового нарушения.

Практически величину $\Delta\rho h$ рекомендуется определять следующим образом.

На каротажных диаграммах, соответствующих нормальному структурно-плотностному разрезу и разрезу в пределах карстового нарушения, для которого необходимо установить количественный показатель изменений свойств пород, приводят некоторый условный уровень плотности $\rho_{ур}$. В пределах границ выбранной пачки пород определяют площадь, ограниченную прямой, соответствующей $\rho_{ур}$, границам пачки и каротажной кривой для нормального S_0 и измененного S разреза. Показатель $\Delta\rho h$ при этом определится из выражения

$$\Delta\rho h = \rho_{ур} (h - h_0) + S_0 - S \quad (2)$$

где h_0 и h - мощность пачки пород соответственно в нормальном поле и в пределах карстового нарушения.

Площади S и S_0 должны рассчитаться с учетом масштабов записи каротажной диаграммы в единицах г/см².

Величина $\Delta\rho h$ определяет количество материала, вынесенного ($\Delta\rho h$ - отрицательная), либо привнесенного ($\Delta\rho h$ - положительная) в рассматриваемую пачку пород в результате карстовых процессов. Постепенное увеличение выноса материала по направлению к осевой части карста свидетельствует о постепенном увеличении изменений разреза и уменьшении прочностных показателей. Инверсия кривой выноса свидетельствует о начале процесса привноса материала.

Выбор пачки пород, в пределах которой должно подсчитываться количество материала $\Delta\rho h$, имеет большое значение. Во-первых, эта пачка должна быть представительна с точки зрения фиксации карстовых изменений, т.е. процессы изменения свойств пород в пределах такой пачки должны проявляться наиболее четко и сильно, и, во-вторых, выбранная пачка должна обеспечивать высокую точность интерпретации результатов каротажа: границы пачки должны четко фиксироваться на каротажной диаграмме, в пределах пачки локальные изменения структур-

но-плотностного разреза должны быть минимальными. Учитывая, что абсолютная величина $\Delta\rho h$, как правило, невелика, мощность исследуемой пачки должна быть достаточной для обеспечения необходимой точности определений.

Исходя из характера структурно-плотностного разреза пород кровли и наблюдаемых изменений, в качестве представительного горизонта рекомендуется использовать интервал I6б-7б. В тех случаях, когда бурение скважин на такую глубину затруднено, в качестве исследуемой пачки можно использовать толщу пород в интервале I4б-7б, либо I3а-7б. Для исключения неоднозначности в определении интенсивности карстовых процессов и сопоставления различных карстовых нарушений между собой рекомендуется величину выноса (либо привноса) материала рассчитывать на единицу мощности исследуемой толщи. При этом независимо от положения скважины относительно карстового нарушения и величины измеренной мощности величина $\Delta\rho h$ относится к мощности эталонного разреза h_0 .

Естественные колебания показателя $\frac{\Delta\rho h}{h_0}$ за счет локальных изменений мощности слоев и средней плотности пород составляют ± 1 г/см²·м. Аномальные значения этого показателя в пределах карстовых нарушений достигают более 15-20 г/см²·м.

Другим количественным показателем изменений структурно-плотностного разреза является уменьшение (либо увеличение) средней плотности пород $\Delta\rho$ в пределах выбранного слоя или отдельной пачки. Величина $\Delta\rho$ может быть определена из выражения

$$\Delta\rho = \frac{S_0}{h_0} - \frac{S}{h} ; \quad (3)$$

где S_0 , S , h_0 и h - имеют тот же смысл, что и в выражении (2).

Изменение средней плотности пород характеризует, как и показатель $\frac{\Delta\rho h}{h_0}$, интенсивность процессов выщелачивания и привноса материала, а в сочетании с другими количественными показателями - характер изменения разреза под действием кар-

стовых процессов, интенсивность вторичных изменений структурно-плотностных свойств, имевших место после проходки горных выработок, и распределение напряжений в массиве. Наиболее существенно в этом отношении сочетание показателя $\Delta\rho$ с относительным изменением мощности исследуемой пачки пород $\frac{h-h_0}{h_0}$. Так, увеличение мощности (величина $\frac{\Delta h}{h_0}$ положительна) при уменьшении средней плотности свидетельствует о наличии зон разгрузки, с которыми связано расслоение пород, а уменьшение мощности при увеличении плотности свидетельствует о наличии зон повышенного давления.

Показатель $\frac{\Delta h}{h_0}$ имеет и большое самостоятельное значение. Как отмечалось выше, уменьшение мощности слоев связано с перемещениями пород, с развитой трещиноватостью, поэтому величина $\frac{\Delta h}{h_0}$ может использоваться для характеристики устойчивости пород кровли с точки зрения их трещиноватости.

Величина $\Delta\rho$ рассчитывается в граммах на кубический сантиметр (г/см^3), абсолютные значения показателя достигают 0,10–0,15 г/см^3 . Изменение мощности, как и вынос материала, рассчитывается на 1 м и выражается в см/м. Максимальное значение показателя $\frac{\Delta h}{h_0}$ в пределах карстовых нарушений достигает 6–8 см/м.

Структурно-плотностная зональность карстовых нарушений. По мере движения от периферийной части карста к зоне замечания у всех карстов были выявлены закономерные изменения показателей плотностного разреза (рис.4). По взаимоотношению этих показателей выделяются три зоны.

Зона ненарушенной сплошности. Характерным для этой зоны является закономерное увеличение выноса материала, сопровождающегося либо уменьшением только плотности пород, либо и плотности, и мощности, либо только мощности. Как отмечалось выше, уменьшение мощности, связанное со сжатием кавернозных пород, развитием вертикальной трещиноватости и частичной разгрузкой и перераспределением напряжений, является показателем меньшей устойчивости пород. Однако при определении устойчивости нужно учитывать не только

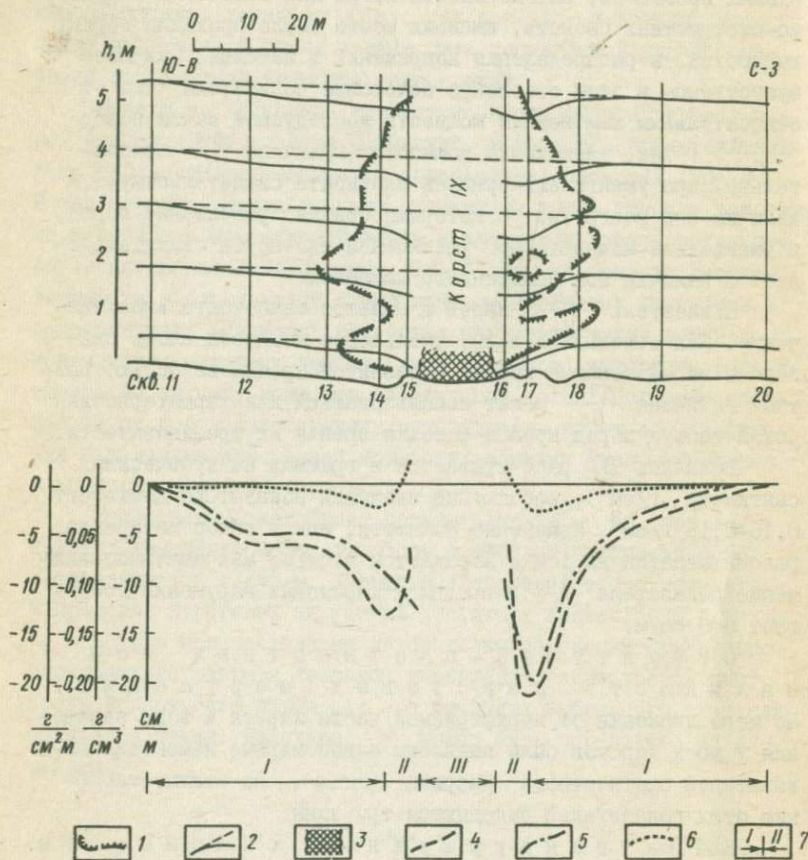


Рис. 4. Структурно-плотностной разрез кровли в пределах карстового нарушения.

Шахта 2, панельно-откаточный штрек 12, карст IX

1 - область пород, характеризующаяся пониженными значениями плотности; 2 - нормальное (пунктир) и фактическое положение маркирующих горизонтов; 3 - зона карстового элювия; 4 - изменение показателя $\frac{\Delta \rho h}{h_0}$; 5 - изменение средней плотности $\Delta \rho$; 6 - изменение мощности $\frac{\Delta h}{h_0}$; 7 - размеры и номера структурно-плотностных зон: I - зона ненарушенной сплошности, II - зона нарушенной сплошности, III - зона полного изменения структурно-плотностного разреза

ко уменьшение мощности пачки пород, но и общее смещение толщи.

При незначительных смещениях сжатие пород, характеризующееся обычно уменьшением мощности до 3–4 см/м, могло и не сопровождаться развитием какой-либо заметной трещиноватости. Рассматривая пачку пород в пределах карстового нарушения кровли как консольную балку, обладающую определенными упругими свойствами, легко убедиться, что перемещение слоев в пределах рассматриваемой зоны даже на 20–25 см (при протяженности зоны 40–50 м) может быть реализовано только за счет упругих деформаций пород. Кроме того, необходимо учитывать, что при сжатии кавернозных разностей возможно частичное восстановление прочностных характеристик пород.

Следовательно, для оценки устойчивости пород в пределах зоны необходимо учитывать большое число факторов: величину выноса материала, соотношение изменений мощности и плотности, общее смещение пород, размеры зоны и т.п. При этом нужно иметь в виду, что в общем случае к уменьшению устойчивости ведут: увеличение выноса материала и общее смещение пород, преобладание показателя изменения мощности над изменением средней плотности, значительные смещения пород при небольшой мощности зоны.

На основании анализа структурно-плотностных характеристик пород можно считать, что в пределах рассматриваемой зоны сплошность массива практически не нарушена (или нарушена незначительно), связь между отдельными пластами еще достаточно прочная, что породы испытывают главным образом упругие деформации. Однако повышенная по сравнению с неизменными породами трещиноватость пород должна приводить к меньшей устойчивости кровли. С увеличением по направлению к осевой части карста интенсивности карстовых процессов и трещиноватости пород уменьшается и их устойчивость.

Размеры зоны ненарушенной сплошности у различных карстовых нарушений колеблются от 10–15 до 60–80 м. Внешняя граница зоны, являющаяся и границей пород, попавших в сферу действия карстовых процессов, устанавливается по минимальным

величинам относительного изменения мощности и средней плотности, превышающим погрешности интерпретации результатов каротажа.

Несмотря на пониженную устойчивость пород, состояние кровли при соответствующем изменении паспорта крепления допускает отработку месторождения в пределах этой зоны.

З о н а н а р у ш е н н о й с л о ш н о с т и .
 Особенностью этой зоны с точки зрения структурно-плотностных критериев является характер изменения одного или нескольких показателей. Если в первой зоне по мере приближения к осевой части карста величины h , ρ и ρh уменьшаются, то в зоне нарушенной сплошности при движении в том же направлении наблюдается увеличение одного, двух или всех трех показателей. При этом в непосредственной близости от зоны замещения h , ρ и ρh могут превышать величины, характерные для нормального неизмененного разреза. Зона характеризуется отсутствием связи между породами по напластованию.

Взаимосвязь между основными показателями в пределах зоны нарушенной сплошности усложняется. При этом возможны совершенно различные сочетания между ними. Однако наиболее часто наблюдаются три случая.

1. Значительное увеличение массы материала, сопровождающееся увеличением мощности и средней плотности. Подобное соотношение основных показателей объясняется привносом вещества, вероятнее всего вдавливанием пластичных пород по ослабленным контактам между отдельными слоями и насильственным их раздвижением. На основании этого можно полагать, что в карстовых нарушениях с подобным соотношением показателей должны были наблюдаться значительные напряжения в массиве.

2. Существенное увеличение массы материала при резком увеличении мощности и незначительном изменении средней плотности. Подобный случай возможен, когда привнос материала сопровождается расслоением пород, т.е. частичной разгрузкой существующих в массиве напряжений.

3. Резкое увеличение мощности пачки пород при уменьшении средней плотности и сохранении количества материала. Подобные

взаимоотношения структурно-плотностных параметров могут свидетельствовать о расслоении и сдвигении пород в пределах зоны, приведших к практически полной разгрузке напряжений массива.

Таким образом, связь между отдельными слоями в результате расслоений или их насильственного раздвижения нарушена, что должно приводить к крайне низкой устойчивости пород в горных выработках. Отработка месторождения в пределах этих зон сопряжена с большими трудностями и может считаться нецелесообразной. Мощность зон нарушенной сплошности у различных карстовых нарушений колеблется в широких пределах: от единиц до первых десятков метров.

Зона полного изменения структурно-плотностного разреза практически совпадает с зоной замещения. Характерным для зоны является полное изменение структурно-плотностных характеристик разреза. Все породы в пределах этой зоны заменены остаточной глиной. Если в пределах вышеназванных зон, несмотря на наблюдаемые изменения, можно четко проследить все основные маркирующие горизонты, то в этой зоне они, как правило, не выделяются. Проходка выработок здесь возможна лишь при сплошном креплении кровли.

В основу горногеологической типизации изменений пород кровли в пределах карстовых нарушений положен только один признак, а именно, характер изменения структурно-плотностного разреза, поэтому изложенные дальше соображения о типизации изменений пород кровли носят частный характер. Однако этот признак отражает динамику карстовых процессов и в значительной степени определяет устойчивость и характер возможного обрушения кровли и должен учитываться при разработке единой горногеологической классификации карстовых нарушений.

Предлагаемая типизация изменений пород кровли относится лишь к участкам, располагающимся в зонах ненарушенной сплошности. В пределах других карстовых зон характер изменения структурно-плотностного разреза более сложный и влияющие различные соотношения структурно-плотностных показателей

на поведение пород в горных выработках не выяснено.

В основу типизации изменений пород кровли в пределах зон ненарушенной сплошности положено взаимоотношение двух основных показателей изменения структурно-плотностного разреза $\Delta\rho$ и $\frac{\Delta h}{h_0}$. Исходя из соотношений этих показателей, породы кровли могут быть разделены на три группы. Деление это чисто условно, ибо провести резкую границу между каждой группой невозможно. По характеру изменения структурно-плотностного разреза породы кровли в пределах карстовых нарушений представляют собой непрерывный ряд. Две основные группы пород относятся к крайним точкам этого ряда. Третья группа представляет переходный тип между двумя крайними.

К первой группе относятся породы кровли, характеризующиеся интенсивными изменениями средней плотности пород при сравнительно малых изменениях мощности. Смещение пород незначительное, трещиноватость низкая. Несмотря на дефекты плотности, породы, как правило, не потеряли своей несущей способности, хотя резко снизили запас прочности. При отработке месторождения в пределах таких участков допускается наиболее близкий подход к зоне замещения, однако, участки опасны с точки зрения внезапного обрушения больших масс пород.

Ко второй группе относятся породы, характеризующиеся существенными изменениями мощности и слабо проявившимися процессами изменения плотности. Значительные перемещения пластов в пределах таких участков привели к сильной трещиноватости пород. Несущая способность пород резко снижена. Породы находятся в частично или полностью разгруженном состоянии. При отработке месторождения в пределах этих участков возможны многочисленные мелкие обрушения кровли.

Породы, относящиеся к третьей группе, по характеру карстовых изменений представляют собой переходный тип между двумя первыми. Типичные представители пород этой группы характеризуются примерно одинаковыми изменениями мощности и плотности.

Анализ соотношений структурно-плотностных показателей

для исследованных карстовых пересечений показывает, что характер изменений на различных крыльях карстового нарушения может быть различным. Иногда эти различия столь существенны, что породы на северо-западном и юго-восточном крыльях относятся к различным группам.

Необходимо помнить, что наблюдаемые соотношения показателей $\Delta\rho$ и $\frac{\Delta h}{h_0}$ в породах кровли определяются не только изменениями, связанными с карстовыми процессами, но и вторичными изменениями, обусловленными горно-проходческими работами. Возникновение зон неупругих деформаций вокруг горных выработок, а также уменьшение напряжений в массиве, приводящие к увеличению мощности и уменьшению средней плотности, как бы смещают тип карстовых изменений пород в направлении к первой группе. Увеличение напряжений, сопровождающееся уменьшением мощности и увеличением средней плотности, смещают тип карстовых изменений пород в направлении ко второй группе. Вследствие этого достоверное определение типа карстовых изменений пород и прогнозирование характера обрушения кровли возможно лишь при отсутствии вторичных изменений структурно-плотностных свойств пород.

Установленные закономерности изменения структурно-плотностных характеристик пород кровли в пределах карстовых нарушений, четко выявляемые методом гамма-гамма-каротажа, могут быть использованы при решении ряда горногеологических задач.

Опыт многолетних геологоразведочных работ на Ленинградском месторождении горючих сланцев показывает, что достоверно установить наличие карстового нарушения по данным бурения можно лишь в тех случаях, когда скважина вскрыет зону замещения или пройдет в непосредственной близости от нее. Проводя гамма-гамма-картаж скважин и используя установленные изменения структурно-плотностных свойств пород, протягивающихся на десятки и сотни метров, можно значительно повысить эффективность разведочного бурения.

Карстовые процессы, сопровождающиеся изменениями структурно-плотностных свойств пород, привели и к изменению физико-механических показателей. Установление связи между устойчивостью пород в горных выработках и выявляемыми гамма-гамма-

методом изменениями свойств пород кровли даст возможность по результатам каротажа прогнозировать поведение пород кровли при отработке месторождения, т.е. проводить горногеологическое районирование разведваемой площади.

Применение метода на стадии эксплуатации месторождения позволит оперативно решать вопросы о необходимости изменения паспорта крепления выработок и выборе размеров прикарстовых охранных целиков.

Л и т е р а т у р а

1. Арцыбашев В.А., Попов Э.П. Устройство для оперативного контроля и настройки радиометрической аппаратуры. - В сб. "Геофизическая аппаратура", вып.29, "Недра", 1966.
2. Арцыбашев В.А., Попов Э.П., Иванюкович Г.А. Об эталонировании аппаратуры гамма-гамма-каротажа на среде одной плотности. - В сб. "Вопросы разведочной геофизики", вып.7, "Недра", 1968.
3. Попов Э.П. Влияние диаметра сухих скважин при плотностном $\gamma-\gamma$ каротаже. Зап.ЛГИ, т.ЛУ1, вып.2, 1969.
4. Филиппов Е.М. Прикладная ядерная геофизика. Изд. АН СССР, 1962.

Э. П. Попов, Э. Х. Вишняков, Г. А. Данилова

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГАММА-ГАММА-МЕТОДА ДЛЯ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОРОД КРОВЛИ В ПРЕ-
ДЕЛАХ КАРСТОВЫХ НАРУШЕНИЙ

Применение плотностного гамма-гамма-метода на Ленинградском месторождении горючих сланцев показало, что по результатам гамма-гамма-каротажа можно выделять различные типы карстовых изменений пород кровли.

В пределах зон развития карстовых нарушений отмечается понижение устойчивости горных пород. Установить взаимосвязь изменений устойчивости с наблюдаемыми визуальными изменениями физических свойств пород кровли часто невозможно. В свете этого представляет интерес исследование связи устойчивости пород кровли и характера их возможного обрушения с изменениями структурно-плотностных показателей, отмечаемых с помощью плотностного гамма-гамма-каротажа. Решение этой задачи предполагает, прежде всего, наличие корреляционных связей между физико-механическими характеристиками пород и их плотностью. Различный вещественный состав пород, различные виды карстовых изменений в общем случае предполагают неоднозначность зависимости физико-механических характеристик от плотности. Выяснению характера связи между этими параметрами для комплекса пород Ленинградского месторождения горючих сланцев посвящена настоящая работа.

Определен предел прочности при одноосном сжатии и плотности пород сланценосной толщи Ленинградского месторождения. Образцы отбирались из керна скважин, пробуренных в кровлю панельно-откаточных штреков в пределах карстовых нарушений

на различных расстояниях от границы зоны замещения. Изучено шесть скважин. Скважины 57 и 56 вскрывают кровлю промпласта в северо-западном крыле карстового нарушения XIII соответственно в 13 и 7 м от зоны элювия; скважины 45-48 пробурены в юго-восточном крыле карста III соответственно в 21, 9, 3,5 м от зоны элювия и в центре этой зоны. Пробны отбирались с таким расчетом, чтобы по возможности были охарактеризованы все разновидности пород кровли и чтобы можно было проследить изменение прочностных показателей отдельных слоев, относящихся к определенным ритмам осадконакопления. В частности, среди образцов пород были представлены следующие слои: 21б - известняк глинистый, пятнистой текстуры за счет неравномерного распределения глинистого материала; 16б - известняк слабоглинистый, серый, довольно массивный; 14г - известняк серого цвета с тончайшими неравномерно расположенными глинистыми прослоями; 13б - известняк светло-желтого цвета, однородный, массивный, в почве слоя с тончайшими волнистыми прослоями горючего сланца; 12б - известняк светло-серого цвета, однородный, массивный; 12а - известняк с тонкими прослоями мергеля; 11б - известняк желтого цвета с тончайшими ветвистыми вpletениями горючего сланца и глинистого горючего сланца; 7б - известняк светло-желтого цвета с вpletениями горючего сланца; 6б - известняк желтовато-серого цвета, характеризующийся постепенным уменьшением содержания керогена от почвы к кровле с одновременным увеличением глинистого материала; 6а - сланец горючий с конкрециями розового известняка.

По данным геологической документации, результатам гамма-гамма-каротажа и карбонатометрии, разрез по скважине 57 в целом является неизменным. Поэтому при проведении сравнительного анализа изменений прочностных показателей эта скважина была принята за фоновую для обоих карстовых нарушений.

Плотность образцов ρ определялась по поглощению гамма-излучения в геометрии узкого пучка [1], а предел прочности при одноосном сжатии ($\sigma_{сж}$) - методом соосных пуансонов по методике, разработанной ВНИИМ [2].

С целью исключения влияния влажности пород на величину предела прочности при одноосном сжатии все образцы перед испытанием были просушены и доведены практически до нулевой влажности. Влияние структурно-текстурных факторов, микротрещиноватости и ряд других особенностей строения пород по возможности учитывался при интерпретации результатов.

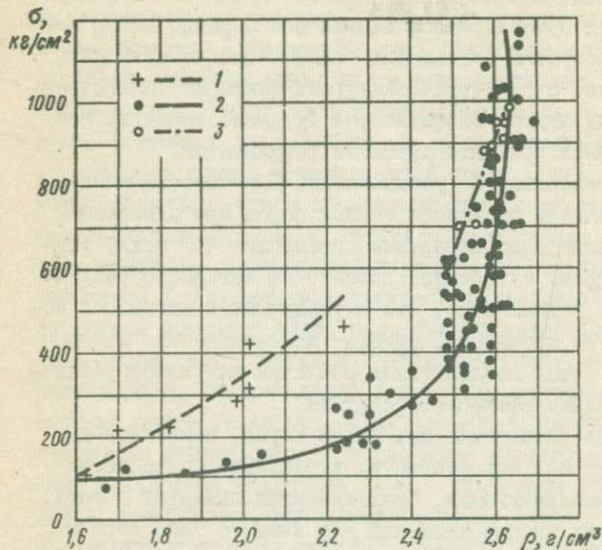
Первые исследования по установлению зависимости между плотностью и пределом прочности горных пород при одноосном сжатии, выполненные В.Д.Слесаревым, показали, что между этими двумя параметрами существует достаточно четкая корреляционная связь [3]. Установлено, что с увеличением плотности породы возрастает ее прочность, однако, количественные взаимоотношения между этими показателями различны для пород различного литолого-петрографического состава.

Многообразие литологических типов пород, изменение их состава и структурных характеристик в результате процессов доломитизации, выщелачивания, сульфидизации приводят к тому, что выявление этих взаимоотношений для каждого типа породы затруднено, а в ряде случаев и невозможно. Возникает необходимость в группировании пород, т.е. выделении некоторого ограниченного числа групп, каждая из которых характеризуется одинаковой зависимостью прочности породы от ее плотности.

Исходя из литолого-петрографического состава пород сланценой толщи и их физических свойств, исследование зависимости ($\sigma_{сж}$ от ρ) проводилось отдельно для каждого из следующих типов:

горючих сланцев с различным содержанием карбонатного материала; доломитизированных горючих сланцев; серых глинистых известняков; розовых керогенсодержащих известняков; пористых, кавернозных известняков различного состава; доломитизированных известняков различного состава; массивных слабопористых однородных известняков и их доломитизированных разновидностей.

Последующее сопоставление корреляционных графиков показало, что для этих типов среди пород сланценой толщи по характеру зависимости $\sigma_{сж}$ от ρ могут быть выделены три



Корреляционная зависимость предела прочности при одноосном сжатии от плотности пород
 1 — доломитизированные горючие сланцы; 2 — горючие сланцы, розовые керогенсодержащие и серые глинистые известняки; 3 — массивные слабоглинистые, слабопористые известняки

группы (рисунок):

1) доломитизированные сланцы, содержащие различное количество карбонатов; 2) неизмененные сланцы с различным содержанием карбонатов, глинистые серые известняки, розовые керогенсодержащие известняки, пористые, кавернозные, в разной степени доломитизированные

серые и розовые известняки; 3) массивные, слабопористые, однородные известняки, в различной степени доломитизированные.

Наиболее отчетливо зависимость предела прочности при одноосном сжатии от плотности проявляется для пород второй группы: с увеличением плотности возрастает их сопротивление одноосному сжатию. Наиболее резкое увеличение $\sigma_{сж}$ наблюдается в области значений плотности от 2,5 до 2,6 г/см³. Факторами, вызывающими изменение плотности пород, а следовательно, и величины $\sigma_{сж}$ являются: изменение вещественного состава пород, выщелачивание карбонатов карстовыми водами, доломитизация и сжатие пород в зонах повышенных напряжений.

Влияние изменений вещественного состава пород на их плотностные и прочностные показатели можно проследить на примере керогенсодержащих розовых известняков. Увеличение процентного содержания керогена приводит к одновременному уменьшению и плотности, и предела прочности породы: увеличение содержания керогена в известняке из слоя 11б с 1,5 до 11% приводит к уменьшению плотности породы и $\sigma_{сж}$ соответственно с 2,65 до 2,49 г/см³ и с 977 до 390 кг/см². Подобная картина наблюдается и при изменении содержания карбонатов в горючих сланцах. Увеличение процентного содержания известняка приводит к увеличению плотности и прочности горючего сланца. По характеру зависимости $\sigma_{сж}$ от ρ сланцы при увеличении содержания в них карбонатов переходят в породы переплетений известняков со сланцами, а затем в розовые известняки, образуя тем самым единый ряд керогенсодержащих пород, отличающихся друг от друга только различным процентным соотношением кальцита и керогена, следовательно, и различными значениями плотности и предела прочности при одноосном сжатии. Аналогичным образом влияет на величину $\sigma_{сж}$ и ρ процентное содержание глинистого (терригенного) материала в серых известняках. По данным испытаний было установлено уменьшение $\sigma_{сж}$ и ρ пород при увеличении содержания терригенного материала. Так, с увеличением глинистости известняков по направлению от кровли к почве слоя I2а $\sigma_{сж}$ снижается с 1000 до 567 кг/см², а плотность — с 2,66 до 2,61 г/см³.

Процесс выщелачивания карбонатов карстовыми водами приводит к образованию пористых, кавернозных разностей пород, характеризующихся пониженными значениями плотности и прочности. На примере слоя известняка I6б можно видеть, что увеличение пористости с 12,8 до 17,7% за счет выноса карбонатов при приближении к зоне элювия $\sigma_{сж}$ ведет к уменьшению примерно в 1,5 раза — с 630 до 410 кг/см², а плотность с 2,55 до 2,39 г/см³.

Изменение вещественного состава и образование пористых, кавернозных разностей пород являются основными факторами, определяющими для рассматриваемой группы ход зависимости $\sigma_{сж}$

от ρ . Dolомитизация и сжатие пород действуют в обратном направлении, обуславливая значительную дисперсию значений $\sigma_{сж}$.

Н.Ф.Майоровым (1967 г.) было установлено, что при замещении кальция магнием происходит сокращение объема породы (увеличение пористости) с одновременным увеличением удельного веса скелета с 2,707 до 2,871 г/см³. 100-процентная доломитизация сопровождается увеличением пористости на 13,2%. Расчеты показывают, что, несмотря на рост удельного веса доломитизированной породы, ее объемный вес (плотность) снижается. Известно также, что доломитизация приводит к резкому возрастанию прочностных показателей пород: для известняков из слоя 11б повышение доломитизации с 35 до 90 сопровождается увеличением пористости с 7,84 до 14,30% и увеличением $\sigma_{сж}$ - с 550 до 730 кг/см². Увеличение доломитизации известняков из слоя 21б с нуля до 97% приводит к возрастанию предела прочности почти в три раза. Таким образом, процесс доломитизации приводит к обратной зависимости $\sigma_{сж}$ пород от их плотности, а тем самым к неоднозначности определения плотностных показателей. В частности, это проявляется в инверсии зависимости $\sigma_{сж}$ от ρ , наблюдаемой в области значений $\sigma_{сж}$ 900-1100 кг/см². Анализ распределения пород по значениям их плотности и предела прочности показывает, что точки, попадающие в область значений плотности 2,5 - 2,7 г/см³ и $\sigma_{сж}$ более 800 кг/см², соответствуют главным образом доломитизированным разностям известняков.

К обратной зависимости $\sigma_{сж}$ от плотности приводит и процесс сжатия кавернозных и пористых пород в зонах повышенных напряжений. Сжатие, сопровождающееся уменьшением объема породы, приводит, с одной стороны, к ее уплотнению (увеличению ρ), с другой стороны, к нарушению целостности кристаллической структуры, трещиноватости, т.е. к снижению прочностных показателей.

Несмотря на то, что доломитизация и сжатие обуславливают обратную зависимость $\sigma_{сж}$ от ρ , они являются конкурирующими процессами. Одновременное проявление обоих процес-

сов в определенной степени компенсирует их влияние, не нарушая в целом общего хода корреляционного графика, и приводит к увеличению дисперсии значений $\sigma_{сж}$. Но так как сжатие в первую очередь подвергаются породы (в том числе и доломитизированные разности) с относительно низкими прочностными показателями, такая компенсация имеет место главным образом в области значений $\rho < 2,5 \text{ г/см}^3$. Меньшая вероятность сжатия более прочных пород и привела к инверсии корреляционной кривой.

В качестве примера конкурирующего действия процессов доломитизации и сжатия пород можно привести изменение физических свойств пород для слоев 6б и 16б по мере приближения к осевой части карстового нарушения. Увеличение доломитизации с 23 до 100% в известняках из слоя 6б сопровождается увеличением пористости всего на 2,2% (с 8,75 до 10,95%). При среднем содержании карбонатов в слое около 75% увеличение пористости за счет доломитизации должно было составить около 7,5%. Таким образом, за счет сжатия породы ее объем уменьшился примерно на 5%. Небольшое сжатие не обеспечило полной компенсации процесса доломитизации: несмотря на сжатие, предел прочности породы возрастает с 560 до 710 кг/см². В известняках из слоя 16б доломитизация, по мере приближения к осевой части карста, возрастает с 20 до 100, а пористость уменьшается с 11,9 до 7,18%. С увеличением процента доломитизации в результате сжатия объем породы уменьшился примерно на 15%, плотность ее при этом возросла с 2,60 до 2,63 г/см³. Интенсивное сжатие породы привело к снижению $\sigma_{сж}$ с 800 до 450 кг/см², несмотря на 100-процентную доломитизацию.

Вторая группа, представленная только массивными слабоглинистыми и слабопористыми известняками, характеризуется сравнительно небольшими пределами изменений $\sigma_{сж}$ и ρ . Изменение этих величин для массивных известняков соответственно 700–1000 кг/см² и 2,52 – 2,63 г/см³. Изучение физических свойств образцов, отобранных из различных карстовых зон, показывает, что под действием карстовых процессов массивные известняки изменяются незначительно. Степень доломитизации,

как правило, не превышает 10–20%, пористость в результате выщелачивания карстовыми водами максимально возрастает только до 5–8%, породы практически не подвержены сжатию. Наблюдаемые колебания плотности и предела прочности массивных известняков объясняются отчасти карстовыми изменениями свойств, отчасти изменениями вещественного состава (глинистости) известняков.

Доломитизированные сланцы выделены в отдельную группу условно. Вероятнее всего, эту группу нужно рассматривать как граничную область более широкой группы, включающей как нормальные горючие сланцы, так и сланцы, измененные под действием карстовых процессов. Различная степень карстовых изменений, в частности, различная степень доломитизации сланцев, должна приводить к значительной дисперсии значений $\sigma_{сж}$, уменьшению корреляционного отношения и неоднозначности определения предела прочности.

Основные факторы, определяющие величины $\sigma_{сж}$ и ρ для группы доломитизированных сланцев, – содержание карбонатов и степень их доломитизации. Процессы выщелачивания и сжатия играют, по всей вероятности, подчиненную роль в силу невысоких значений $\sigma_{сж}$ и ρ .

Установленные закономерности взаимосвязи между пределом прочности при одноосном сжатии и плотностью пород сланценовой толщи обуславливают принципиальную возможность использования результатов плотностного гамма-гамма-каротажа для прогнозирования устойчивости кровли. Учитывая изменения плотностных свойств пород в пределах карстовых нарушений, участки с различной устойчивостью могут быть увязаны с зональностью структурно-плотностного разреза. В качестве основного показателя устойчивости целесообразно использовать величину относительного выноса материала $\frac{\Delta \rho h}{h_0}$, характеризующую интенсивность процессов выщелачивания пород и определяемую как уменьшение массы породы в пределах какого-либо слоя в зависимости от мощности этого слоя. При использовании результатов каротажа для прогнозирования устойчивости расчет величины $\frac{\Delta \rho h}{h_0}$ [4] необходимо вести в пределах основной кровли.

Для достоверности прогнозирования кроме показателя выноса материала целесообразно учитывать степень доломитизации пород и величину их сжатия. В качестве показателя сжатия пород можно использовать величину относительного уменьшения мощности слоя $\frac{\Delta h}{h}$, в пределах которого определялся вынос материала. Эту величину с достаточной точностью можно определить по результатам плотностного гамма-гамма-каротажа. Степень доломитизации находится непосредственно путем карбонатного анализа шлама, образующегося при бурении шпуров или методами каротажа. К сожалению, учесть эти два фактора (доломитизацию и сжатие) в настоящее время можно только качественно. При одинаковых величинах показателя $\frac{\Delta \rho h}{h_0}$ устойчивость будет тем ниже, чем больше показатель $\frac{\Delta h}{h_0}$, и тем выше, чем выше степень доломитизации. Количественное решение этой задачи возможно после установления корреляционных или функциональных связей между пределом прочности пород сланценосной толщи и степенью их доломитизации и величиной сжатия.

Л и т е р а т у р а

1. А р ц ы б а ш е в В.А. Гамма-метод измерения плотности. Атомиздат, 1965.
2. Руководство по механическим испытаниям горных пород методом соосных пуансонов. ВНИМИ, 1960.
3. С л е с а р е в В.Д. Механика горных пород. Углетехиздат, 1948.

Г. П. Бакинов

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ЛЕНИНГРАДСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ В СВЯЗИ С ЕГО ЗАКАРСТОВАННОСТЬЮ

Комплексные исследования карстовых нарушений в пределах Ленинградского месторождения горючих сланцев, проведенные ЛГИ, обобщили все материалы по ранее выявленным карстовым нарушениям и имеющийся опыт разработки закарстованных участков, накопленный за весь период эксплуатации месторождения (с 1934 г.). В течение этого периода изучены сложные природные условия месторождения.

Общее количество выявленных на месторождении карстовых нарушений достигло 260, а число пересечений их горными выработками значительно выше, так как одно и то же нарушение пересекается параллельными штреками до пяти — семи раз; фактически на 1 км длины панельных штреков в среднем приходится 1,5 нарушения. Каждое нарушение, вследствие сложности карстового процесса, имеет свои особенности и индивидуальные черты, затрудняющие их типизацию.

Закарстованность месторождения привела за истекший период в горных выработках шахт исследуемого района к 50 крупным прорывам подземных вод. Суммарный часовой приток колеблется сейчас в пределах 2700—3200 м³, из которых около 75% связано непосредственно с карстовыми нарушениями. За весь период эксплуатации месторождения (по 1970 г. включительно) из действующих шахт откачано более 400 млн м³ воды.

Весьма характерно для данного месторождения наличие трещиноватости тектонического происхождения по четко выраженным северо-западному и северо-восточному направлениям; трещино-

ватость проявляется не только в самом пласте, но и во всей толще вмещающих пород. Установлено, что карстовые нарушения приурочены в основном к трещинам северо-восточного простирания.

Трещиноватость массива заметно возрастает в пределах нарушения — по мере перехода от геологического фона к зоне дробления, что сопровождается и соответствующим снижением устойчивости пород кровли. В зоне замещения слои сланца превращены обычно в глинистую породу, включающую местами обломки известняка, сопротивление ее на сжатие снижается практически до нуля.

Изложенным выше достаточно наглядно характеризуется высокая закарстованность Ленинградского месторождения горючих сланцев, сочетающаяся со сложными гидрогеологическими условиями. Это неизбежно затрудняет производство горных работ. Многолетний эксплуатационный опыт сланцевых шахт Ленинградской области показывает повышенную трудность проходки карстовых нарушений горными выработками, поэтому горные работы здесь должны планироваться с таким расчетом, чтобы исключать переход очистными забоями зон дробления и замещения. Проведение через закарстованные зоны основных подготовительных выработок (панельных штреков) является практически неизбежным, заметно облегчается при направлении их перпендикулярно карстовым нарушениям, т.е. в северо-западном направлении; при этом создаются условия и для того, чтобы вскрываемые панельными штреками карстовые нарушения в пределах панели оставались в межлавных и межблоковых целиках, не отрабатываемых очистными забоями; последние, кроме того, должны ограждаться специально оставленными прикарстовыми целиками.

Отмеченные основные принципы планировки горных работ внедрены впервые на шахте им.С.М.Кирова еще в 1936—1937 гг. после первого крупного прорыва подземных вод; такая же планировка стала применяться и на других шахтах Ленинградской области по мере ввода их в эксплуатацию, а в послевоенные годы принята и для шахт Эстонии, на которых установлена аналогичная закономерность карстовых проявлений.

Эта плакировка горных работ является одной из основных особенностей разработки данного бассейна и наиболее соответствует его выявленным природным условиям. Обоснованность и целесообразность такой планировки доказывается достаточно длительным периодом работы сланцевых шахт Прибалтики.

Предварительное выявление карстовых нарушений с установлением их параметров и особенностей намного облегчает проведение горных выработок на закарстованных участках и создает условия для более обоснованного и рационального планирования горных работ, повышает степень их безопасности, снижает потери балансовых запасов до минимально необходимых размеров и исключает какие-либо бросовые работы.

Однако своевременному выявлению карстовых нарушений на данном месторождении до последнего времени должного внимания не уделялось. Геологоразведочные организации не представляли горнякам необходимых данных о закарстованности шахтных полей, а действующая методика выполнения разведочных работ этого и не предусматривала. Карстовые нарушения вынуждены были разведывать работники шахт путем проведения соответствующих горных выработок, стоимость которых относилась фактически на себестоимость добываемого сланца. Но и такая разведка осуществлялась не систематически и неполно, в результате чего увеличивались потери балансовых запасов, нередко возникали бросовые работы и перебои в добыче.

В 1965–1967 гг. ЛТИ выполнил отмеченные выше комплексные исследования закарстованности данного месторождения, направленные на изыскание новых, достаточно эффективных способов своевременного выявления карстовых нарушений на полях действующих шахт.

Исследования показали, что одним из основных мероприятий горно-технического характера, способствующим своевременному выявлению карстовых нарушений и повышению общей надежности работы сланцевых шахт района, является опережающее проведение основных подготовительных выработок (главных и панельных штреков) — более значительное, чем практикуется в настоящее время. Забой панельных штреков должны опережать

забоя нарезных и очистных выработок как минимум на 600-700 м или примерно на три блока камер-лав, что при фактических темпах подвигания очистных забоев обеспечивает резерв времени в 1-1,5 года.

По нашему мнению, такое опережение необходимо заложить в основу соответствующих проектов развития горных работ (предусмотренных § 700 действующих "Правил безопасности"), практически осуществить его в ближайшие же годы и выдерживать в течение всего последующего периода. Это мероприятие следует также рассматривать как одну из специфических особенностей разработки данного месторождения, обусловливаемую высокой его закарстованностью.

Опережающее проведение основных подготовительных выработок должно сочетаться с направленным бескерновым бурением горизонтальных скважин по пласту, глубиной до 200-300 м (уточняющих условия проведения опережающих штреков и контуры пересекаемых карстов) и более коротких скважин в породе кровли. При этом следует предусмотреть применение гамма-гамма-каротажа, выполнение экспресс-анализов для определения степени доломитизации пород, повышение которой характерно для закарстованных зон, выполнение соответствующих геологических и гидрогеологических наблюдений, а также осуществление в случае необходимости работ по снижению гидростатических напоров в породах непосредственной кровли. Такой комплекс мероприятий обеспечит не только своевременное выявление карстовых нарушений, но и уточнение условий выполнения горных работ на закарстованных участках, получение данных для обоснованного выбора наиболее целесообразных типов крепи, для более правильного определения необходимых размеров прикарстовых целиков и т.д. В конечном счете указанный комплекс мероприятий сможет кардинально улучшить условия производства горных работ, заметно повысить степень безопасности и общую их надежность.

Выполнение отмеченных выше мероприятий диктуется особенностями природных условий данного месторождения, и скорейшее внедрение этих мероприятий в производственную прак-

тику весьма актуально. Рекомендуемое нами опережение в проведении основных подготовительных выработок (панельных штреков) необходимо не только для своевременного выявления карстовых нарушений, но и для снижения гидростатических напоров в породах непосредственной кровли, что еще более повысит степень безопасности горных работ.

На всех шахтах Прибалтики применяется прямой порядок отработки шахтных полей и панелей, который, несмотря на закарстованность месторождения, следует сохранить и в дальнейшем. Переход на обратный порядок отработки в данных условиях особых преимуществ не дает, так как стоимость поддержания выработок на шахтах Прибалтики, в связи с высокой устойчивостью вмещающих пород, весьма незначительна; внедрение же обратного порядка потребовало бы выполнения в переходный период весьма большого объема подготовительных работ. Следует отметить, что для рекомендуемого нами опережения очистных забоев панельными штреками необходимы значительно меньшие объемы подготовительных работ, реально выполнимые за короткий срок, а дополнительных расходов по поддержанию опережающей части штреков практически не будет.

На участках с нормальными горногеологическими условиями панельные штреки закрепляются штанговой крепью (металлической или железобетонной), хорошо освоенной на шахтах Прибалтики. Участки же карстовых нарушений крепят преимущественно деревом — неполными дверными окладами, с установкой рам всплошную; реже применяется монолитный бетон. Применение на закарстованных участках деревянной крепи нельзя считать целесообразным, так как за время службы панельных штреков такую крепь приходится неоднократно ремонтировать (средний срок ее сохранности определяется в 3—4 года); бетонная же крепь, в частности, с оставлением в ней деревянной крепи, более надежна и долговечна, но она дороже, а работы по ее установлению более трудоемки.

Крепи на закарстованных участках основных горных выработок, имеющих значительный срок службы, должны отвечать следующим основным требованиям: а) обладать достаточно высо-

кой грузонесущей способностью сразу же после установки;
 б) иметь длительную продолжительность безремонтной работы, одинаковую со сроком службы самой выработки; в) обеспечивать водонепроницаемость; г) изготовление и возведение должно быть технологичным и, по возможности, малотрудоемким.

Из применяемых на месторождении типов крепи этим требованиям в наибольшей степени отвечает крепь из монолитного бетона, с оставлением в нем временной деревянной крепи и использованием инвентарной опалубки и высокомарочных цементов. Прогрессивным и для данных условий весьма перспективным представляется применение сборной железобетонной крепи в сочетании с искусственным упрочнением окружающих пород химическим способом. Однако, ввиду отсутствия необходимых практических данных, вопрос об оптимальном способе крепления закарстованных участков остается пока недостаточно ясным; для обоснованного решения его необходимо проведение в конкретных условиях сланцевых шахт Прибалтики соответствующих опытных работ.

Как уже отмечалось, вблизи карстовых нарушения трещиноватость массива резко увеличивается, снижая его прочность (временное сопротивление на сжатие).^x

Заметное снижение прочности пород массива в зоне дробления и исключительно низкие показатели прочности для зоны замещения обычно не позволяют производить в этих зонах очистные работы, а требуют своевременной остановки забоев и оставления соответствующих предохранительных целиков.

Вопрос об оптимальных размерах прикарстовых целиков имеет большое производственное значение; правильное его решение может и должно обеспечить необходимую безопасность горных работ при минимальных потерях в недрах балансовых запасов сланца. Решение этого вопроса зависит от целого ряда факторов, а некоторых из них не поддаются точному учету; невыдержанность основных параметров карстовых нарушений (элементов залегания, степени трещиноватости и обводненности, показателей прочности пород и пр.) еще более усложняет решение.

^{x)} См. статью Р. Э. Дашко в настоящем сборнике.

При определении ширины прикарстовых целиков в конкретных условиях данного месторождения следует учитывать — достаточную прочность целика (даже и при пониженной прочности пород массива, исключаящую его раздавливание, не допускающую прорыва через целик напорных вод и обеспечивающую механизированное производство очистных работ по наиболее эффективной для данного периода системе "камер-лав" (которое требует наличия незакрепленного призабойного пространства шириной около 4 м).

Обобщая эксплуатационный опыт можно сделать следующий практический вывод: зона дробления во всех случаях должна полностью оставаться в границах прикарстового целика, но большую часть зоны трещиноватости последний может не захватывать. По нашим расчетам, в средних условиях ширина прикарстовых целиков должна быть около 12 м в каждую сторону от границ зоны замещения.

При подходе очистного забоя к карстовому нарушению необходимо учитывать повышенную водообильность этих участков, заметно снижающую прочностные свойства массива, и повышенную трещиноватость массива, вызванную не только процессами карстообразования, но и широким применением взрывных работ. Особое внимание следует уделять и местам пересечений тектонических трещин двух выдержанных направлений (северо-восточного и северо-западного): породы кровли в пунктах пересечений этих трещин характеризуются заметным снижением своей несущей способности.

Закарстованность и сложность гидрогеологических условий данного месторождения при весьма высоких притоках подземных вод обуславливают ряд дополнительных особенностей в оснащении сланцевых шахт Прибалтики и в применяемых на них способах разработки, направленных на недопущение даже временных подтоплений горных выработок. К таким особенностям, целесообразность которых уже проверена длительной эксплуатационной практикой, можно отнести: 1) наличие на всех шахтах вполне надежных и достаточно мощных водостливных установок, обеспечивающих бесперебойную откачку не только нормальных, но и по-

вышенных притоков шахтных вод; 2) планирование горных работ, которое в максимальной степени обеспечивает самотечный сток шахтных вод к насосным установкам; сток осуществляется по глубоким профилированным канавам (глубиной до 3 м), размещаемым на вентиляционных штреках, или по специальным выработкам, проводимым в породах почвы; 3) своевременное оборудование вспомогательных водоотливных установок (соответствующей производительности) на участках пониженных и с неблагоприятной гипсометрией подошвы пласта, не обеспечивающей самотечный сток воды к центральным насосным установкам; воду от этих вспомогательных установок в ряде случаев целесообразно выдавать непосредственно на поверхность по специальным скважинам, а не перекачивать в главный водосборник; 4) подвигание очистных забоев, во избежание их подтопления, осуществлять по восстанию пласта, в направлении от панельного вентиляционного штрека к панельному откаточному штреку.

Осуществление всех этих мероприятий способствует повышению надежности работы рассматриваемых шахт и недопущению каких-либо перебоев в их работе, в связи с закарстованностью и сложными гидрогеологическими условиями данного месторождения. Необходимо отметить, что названные мероприятия уже проводятся на всех шахтах Прибалтики, что обеспечивает практически надежную и ритмичную их работу, даже при происходивших неоднократно крупными прорывами подземных вод.

В заключение следует отметить, что высокая закарстованность и сложность гидрогеологических условий данного месторождения настоятельно требуют надлежащей постановки шахтной геологической службы, обеспечивающей не только квалифицированную обработку получаемых фактических данных, но своевременное и правильное решение всех вопросов по шахтной геологии и гидрогеологии. Необходимо, чтобы на каждый вчелочный участок (блок камер-лав) до начала в нем очистных работ составлялся горногеологический паспорт, на котором указываются уточненные геологические разрезы пласта и непосредственной кровли, изогипсы подошвы пласта, выявленные на участке тектонические трещины, водопроявления, гидростатические напоры

и пр. Новые карстовые нарушения, вскрываемые горными выработками, следует детально изучать и паспортизировать; исследование таких нарушений необходимо завершать разработкой конкретных рекомендаций по планированию горных работ на данном участке и дополнительным специальными мероприятиям, осуществление которых сможет повысить степень безопасности и надежности работ в период отработки этого участка.

Естественно, что не только инженерно-технические работники сланцевых шахт, но и все подземные рабочие должны быть хорошо информированы о гидрогеологических условиях всего месторождения, данного шахтного поля и конкретного выемочного участка, о связанных с этими условиями особенностях его эксплуатации, о характере выявляемых карстовых нарушений и о разрабатываемых специальных мероприятиях, направленных на обеспечение безопасности горных работ.

При выполнении отмеченных выше мероприятий эксплуатация данного месторождения, несмотря на его сложные природные условия, может быть не только успешной и ритмичной в техническом отношении, но и экономически эффективной. Доказательством этого является планомерное повышение размеров добычи и систематическое улучшение основных технико-экономических показателей работы сланцевых шахт Ленинградской области.

РЕФЕРАТЫ СТАТЕЙ

УДК 551.23

МОШНЫЕ КАРСТОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ЕВРАЗИИ. Маринов Н.А., Толстихин Н.И. Стр. 3-15.

Выделяется три типа и десять классов источников. Дебит источников первого типа от 0,001 до 1,0; второго - 1,0 до 10, третьего - от 10 до 100 000 л/сек и более. Карстовые источники обычно принадлежат к третьему типу.

Табл. 1, библ. 12.

УДК 553.023.8 551.44 471.23

СЛАНЦЕНОСНАЯ ТОЛЩА И ГЕОЛОГИЯ КАРСТА ЛЕНИНГРАДСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ. Давылова Г.А., Дубарь Г.П., Кирюхов В.В., Майоров Н.Ф. Стр. 16-54.

Сланценовая формация Ленинградского месторождения горючих сланцев в пределах кукерского горизонта среднего ордовика имеет ритмическое строение. Мощность основного ритма в среднем 0,42, количество ритмов - до 29. Типичное строение ритма (снизу вверх) - сланец горючий, сланец горючий глинистый, известняк глинисто-сапропелевый, известняк сапропелево-глинистый.

Сланценовая толща рассечена системами трещин северо-западного и северо-восточного простирания, с последней связано развитие и проявление карста на месторождении.

В пределах карста выделяют три структурные зоны: трещиноватости (внешняя), дробления и замещения (внутренняя), совпадающие с зонами вторичного изменения карстующихся пород, т.е. с зонами доломитизации и выщелачивания, наложенной сульфидной, карбонатной и лимонитной минерализации. В вертикальном разрезе наблюдаются закономерные увеличения и спады уровней доломитизации, выделяется до пяти максимумов доломитизации. По степени доломитизации возможно установление границ зон карстовых нарушений.

Табл. 6; илл. 8; библ. 18.

УДК 551.494

ХАРАКТЕРИСТИКА КАРСТОВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ НА ЛЕНИНГРАДСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ. [Паукер Н.Г.] Стр. 54-78.

Выделено пять типов карстовых нарушений: первый - на высоте 8-16 м выше промпласта; второй - в непосредственной кровле; третий - в промпласте и кровле; четвертый - в промпласте и подошве; пятый - на глубине 10-12 м ниже промпласта. Каждый тип характеризуется своим влиянием на условия отработки сланца.

Табл. 5, илл. 1, библ. 2.

УДК 624.131.433.011.5

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЧНОСТИ ПОРОД ПРОМЫШЛЕННОГО ПЛАСТА И НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ КРОВЛИ НА ЛЕНИНГРАДСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ. Данко Р.Э. Стр. 80-84.

В изменении прочностных свойств пород промышленного пласта и кровли в различных зонах карстового нарушения прослеживается определенная закономерность. Наблюдается падение прочности массива горных пород при переходе от геологического фона к зоне трещиноватости на 10-15, в зоне дробления - на 60, в зоне замещения до 80%. Переход к оценке прочности массива горных пород осуществляется с учетом слоистости и трещиноватости пород.

Табл. 4; библ. 1.

УДК 551.494.622

РЕЖИМ КАРСТОВЫХ ВОД ЛЕНИНГРАДСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ. Коротков А.И. Стр. 95-115.

Дренаживание водоносных горизонтов горными выработками привело к снижению пьезометрических поверхностей водоносных горизонтов на 20-75 м, образованию внутренней зоны аэрации, формированию нового типа режима, на который накладывают влияние естественные и искусственные факторы.

Табл. 1; илл. 1; библ. 4

УДК 551.494.622

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ КУКЕРСКОГО И ТАЛЛИНСКОГО ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ НА ЛЕНИНГРАДСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ. Норватов Ю.А., Коротков А.И. Стр. 115-121.

Электромоделированием для кукерского водоносного горизонта установлена водопроводимость $km = 20-30 \text{ м}^2/\text{сутки}$; в пределах обрабатываемой площади коэффициент удерживания $\alpha = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/\text{сутки}$, водоотдача $\mu = 0,072$; за

пределами обрабатываемой площади $a = 1,8 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{сутки}$, $\mu = 0,015$. Для таллинского водоносного горизонта $k_{тп} = 30-100 \text{ м}^2/\text{сутки}$, $\mu = 0,0027$, $a = 1,7 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{сутки}$. Полученные параметры использованы для прогноза пьезометрических поверхностей водоносных горизонтов на 1875 и 1880 гг.

Библ.2.

УДК 550.4:551.44

НОВЫЕ ДАННЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРЕВНЕГО ГЛУБИННОГО КАРСТА ЛЕНИНГРАДСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ. Левин А.С. Стр. 122-137.

В промышленном пласте горючих сланцев Ленинградского месторождения наблюдается развитие древнего глубинного карста. На основании исследований выдвигается предположение о влиянии термальных вод, видимо, эндогенного происхождения на кероген горючих сланцев. Относительно невысокие температуры этих вод способствовали термическому воздействию на кероген сланца и, учитывая длительность геологических процессов, обеспечили его деструкцию и формирование зон замещения. Эти зоны представлены зеленовато-серыми пластичными карбонатными глинами. Воздействие термальных вод обусловило процессы, подобные термогидролизу.

Табл.5; библ.7.

УДК 550.835

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРНО-ПЛОТНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОРОД В ПРЕДЕЛАХ КАРСТОВЫХ НАРУШЕНИЙ. Попов Э.П. Стр.138-158.

Для изучения строения кровли в пределах карстовых нарушений на Ленинградском месторождении горючих сланцев применялся метод гамма-гамма-каротажа. Зафиксированы изменения мощности слоев, средней плотности пород и общее смещение толщ, увеличивающиеся по направлению к осевой части карста. В качестве количественных структурно-плотностных показателей интенсивности карстовых процессов использовались: количество материала, вынесенного из слоя единичной мощности, относительное изменение мощности слоя и изменение средней плотности. По характеру изменения этих показателей в пределах карстовых нарушений выделены три зоны: ненарушенной сплошности, нарушенной сплошности и зона полного изменения структурно-плотностного разреза. Взаимотношения двух показателей - изменения мощности и средней плотности, определяемые динамикой карстовых процессов, позволяют выделить три типа карстовых изменений пород кровли, характе-

ризующихся различными типами возможных обрушений.

Установленные закономерности возможно использовать для повышения эффективности выявления карстовых нарушений при разведке месторождения и прогнозирования поведения пород кровли в процессе горнопроходческих и очистных работ.

Табл. 1; илл. 3; библи. 4.

УДК 550.835+620.179

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГАММА-ГАММА-МЕТОДА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОРОД КРОВЛИ В ПРЕДЕЛАХ КАРСТОВЫХ НАРУШЕНИЙ. Попов Э.П., Влшняков Э.Х., Данилова Г.А. Стр. 159-167.

Предел прочности при одноосном сжатии и плотность пород сланцевосной толщи Ленинградского месторождения имеют корреляционную связь. Проведено гру лирование пород по характеру зависимости предела прочности от плотности, установлено влияние карстовых процессов на изменение предела прочности.

Илл. 1; библи. 3.

УДК 622,339 (474.0)

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ЛЕНИНГРАДСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ В СВЯЗИ С ЕГО ЗАКАРСТОВАННОСТЬЮ. Бакинов Г.П. Стр. 168-178.

Закарстованные участки определяют особенности планирования горных работ на сланцевых шахтах, способы крепления подготовительных выработок, защиту очистных забоев соответствующими целиками, оснащение шахт мощными водотливными установками.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Н.А.Марниов, Н.И.Толстихи и. Массивные карстовые источники Евразии	3
Г.А.Данилова, Г.П.Дубарь, В.В.Кирюков, Н.Ф.Майоров. Сланценосная толща и геология карста Ленинградского месторождения горючих сланцев	16
Н.Г.Паучер. Характеристика карстовых проявлений на Ленинградском месторождении горючих сланцев и их классификация	54
Р.Э.Дашко. Характеристика прочности пород промышленного пласта и непосредственной кровли на Ленинградском месторождении горючих сланцев	80
А.И.Коротков. Режим карстовых вод Ленинградского месторождения горючих сланцев	95
Ю.А.Норватов, А.И.Коротков. Определение фильтрационных параметров кузерского и талвиского водоносных горизонтов на Ленинградском месторождении горючих сланцев	115
А.С.Левин. Новые данные геохимической характеристики древнего глубинного карста Ленинградского месторождения горючих сланцев	122
Э.П.Попов. Закономерности изменения структурно-плотностных свойств пород в пределах карстовых нарушений	138
Э.П.Попов, Э.Х.Вишняков, Г.А.Данилова. О возможности применения гамма-гамма-метода для прогнозирования устойчивости пород кровли в пределах карстовых нарушений	159
Г.П.Бакниов. Особенности разработки Ленинградского месторождения горючих сланцев. в связи с его закарстованностью	168

ГОРНОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ КАРСТА НА ЛЕНИНГРАДСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ. Сборник научных статей

Ведущий редактор В.С.Гликина

Корректор И.В.Неверова

М-07661.19.10.73.Усл.л.8,2.Изд.№ 129.э.2389.т.500 экз.

Цена 91 коп.

РТП ЛГИ. Ленинград 199026, 21 линия, 2

956

Цена 91 коп.