

Гидрогеологические и инженерно- геологические условия территории городов



АКАДЕМИЯ НАУК СССР

НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ
И ГИДРОГЕОЛОГИИ

ИНСТИТУТ ЛИТОСФЕРЫ

Гидрогеологические и инженерно- геологические условия территории городов

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ
И ПРОГНОЗА ИЗМЕНЕНИЙ

Ответственные редакторы

доктор геолого-минералогических наук
А.А. Конопляцев

кандидат геолого-минералогических наук
Г.Л. Кофф



МОСКВА "НАУКА" 1989



5147

В сборнике рассмотрены некоторые аспекты изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий городов, методика изучения и прогноза развития оползневых, карстово-суффозионных процессов, оценки устойчивости склонов, изучения и прогноза оседания земной поверхности. Показана роль техногенных физических полей в изменении геологической среды, обоснована необходимость структурно-геоморфологических исследований для инженерных изысканий.

Для геологов, гидрогеологов, строителей.

Рецензенты:

И. В. Диордиев,

Е. А. Киселева,

М. Р. Никитин

Редактор Н. С. Гуляева

Г 1804090000-193 318-89, кн. 2
055(02)-89

© Издательство "Наука", 1989

ISBN 5-02-005902-1

ПРЕДИСЛОВИЕ

На территории СССР насчитывается более 2 тыс. городов и около 4 тыс. поселков городского типа. Именно на ограниченных по размеру городских территориях сконцентрировано разнообразное, весьма интенсивное воздействие, приводящее к изменениям в экосистеме в целом геологической среде в частности. Современные города растут вширь вверх и в глубину, изменяя все большие объемы гидrolитосферного пространства.

Градостроительство все чаще осуществляется в сложных природных условиях, в зонах многолетней мерзлоты, пустынь и полупустынь, сейсмических, высокогорных районах, в районах, сложенных слабыми и прочными грунтами, в неблагоприятной гидрогеологической обстановке городских территорий в результате техногенного воздействия активируются антропогенные геологические процессы, с которыми связано возникновение деформаций зданий, сооружений, в том числе историко-архитектурных памятников. Наибольший ущерб народному хозяйству наносят следующие антропогенные процессы и явления: подтопление, геокрические процессы, просадки в лессовых грунтах, процессы на подрабатываемых территориях, склоновые процессы.

Оптимизация взаимодействия комплекса городского хозяйства с геологической средой требует значительного улучшения методики изучения и повышения достоверности прогноза изменения гидрогеологических и геотехнико-геологических условий городских территорий. Повышение качества прогнозирования изменений геологической среды возможно только при объективной оценке последствий взаимодействия между обществом и геологической средой, для чего необходима разработка методики оценки антропогенного воздействия на различные компоненты гидrolитосферы. Негативные изменения в геологической среде в их стоимостном выражении обусловленные воздействием техногенных факторов, нерациональным использованием природных ресурсов, загрязнением, определяют экономический ущерб. Ущерб соответствует стоимостной оценке затрат, необходимых для устранения или предотвращения негативных изменений окружающей среды.

В сборник вошли доклады, которые были заслушаны на выездном заседании комиссии Научного совета по инженерной геологии и гидрогеологии АН СССР "Режим и баланс подземных вод" и "Инженерная геология городских агломераций" (Ленинград, октябрь 1986 г.). Кроме того, в сборник включено несколько статей близкой тематики.

В статьях рассмотрены региональные проблемы рационального использования геологической среды, отдельные аспекты изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий городов, методика изучения и прогноз развития оползневых, карстово-суффозионных процессов, оценка устойчивости склонов, изучение и прогноз оседания земной поверхности; охарактеризована роль антропогенных физических полей в изменении геологической среды, обосновывается необходимость структурно-геоморфологических исследований для инженерных изысканий; предложены модели дренажа городских территорий, постоянно действующая модель геологической среды города; определены основные проблемы определения ущерба от антропогенных изменений рекреационных ресурсов территорий. В ряде статей освещены конкретные проблемы отдельных регионов страны (Забайкалья и Приморья), городов (Москвы, Большого Сочи), отдельных промышленных комплексов (Алмалыкского горнопромышленного, Голодной Степи, Тарнобжегского воеводства в ПНР). В статьях содержатся не только методические разработки, но и приводится оригинальный фактический материал.

Г.Л. Кофф

СОСТОЯНИЕ, ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ И ПРОГНОЗА ИЗМЕНЕНИЙ
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДОВ

В.С.Ковалевский, А.А.Коноплянцев, С.М.Семенов

Исследования режима подземных вод в районах городов являются из наиболее актуальных и распространенных видов гидрогеологических работ и составной частью большинства инженерно-геологических изысканий. Проводятся они различными ведомствами и имеют целью оценку влияния антропогенеза на природную геологическую среду и экологическую обстановку в городах. Наблюдения ведутся комплексно за уровнями, температурами и химическим составом подземных вод, а также за водоотбором. В большинстве случаев эти наблюдения решают отдельные гидрогеологические проблемы: подтопление городов, влияние эксплуатации на подземные воды. Лишь в некоторых случаях они имеют комплексный характер (что особенно ценно), решают одновременно проблемы как гидрогеологические, так и инженерно-геологические, такие как активизация карстово-суффозионных и оползневых процессов, подтопление и оседание земной поверхности, загрязнение подземных вод и окружающей среды и др. Однако задачи изучения режима подземных вод в районах городов со временем возрастают, усложняются и становятся более многообразными, как ни в одном из районов иной индустриальной хозяйственной деятельности. Это определено наличием на урбанизированных территориях сочетания многочисленных разнонаправленных источников факторов, воздействующих на подземные воды.

Среди таких режимообразующих факторов, с одной стороны, следует отметить интенсивный водоотбор для питьевого или технического водоснабжения; водоотлив из шахтных стволов и линий метро, из дренажных систем; зарегулирование ливневого стока; вывоз снега и другие факторы, приводящие к резкому увеличению расходных составляющих баланса подземных вод. С другой стороны, можно отметить изменившиеся в результате эксплуатации условия взаимодействия поверхностных и подземных вод, превращение рек из областей разгрузки в области питания с соответствующим активным влиянием режима поверхностных вод на режим, количество и качество подземных вод. Застройка территории, утечки из канализационной и водопроводной сетей, полив улиц и зеленых насаждений, сбросы промышленных стоков, создание барражей подземному потоку в виде глубоководных фундаментов, коммуникаций, набережных и других сооружений освоения подземного пространства города увеличивают приходные составляющие баланса подземных вод. К этому же приводят планировка рельефа и застройка естественной дренажной системы подземных вод, создание искусственных прудов и водохранилищ, создающее подпор грунтовых вод, зарегулирование речного стока и другие факторы. Следует отметить также загрязнение и запыление атмосферы и изменение состава атмосферных осадков в районах крупных городов и промышленных центров, потери тепла и

лотрасс и зданий, складирование отходов, свалки, посыпание дорог солью в зимнее время, повышенные концентрации выхлопных газов и другие техногенные воздействия на среду в целом и подземные воды в том числе. Все это во взаимодействии резко изменяет гидродинамический, гидрохимический, гидротермический и гидробиологический режимы подземных вод. Активизируются многочисленные геодинамические процессы: карстовые, суффозионные и оползневые, оседание и подтопление земной поверхности; нарушается экологическая и медико-биологическая обстановка в городах. Важно подчеркнуть, что перечень негативных воздействий техногенеза на подземные воды и окружающую среду постоянно растет. Открываются все новые стороны воздействия хозяйственной деятельности на подземные воды. Выявляются новые звенья в цепочке взаимосвязей в системе подземные воды-окружающая среда, которые пока в должной мере не изучаются и количественно не оцениваются, а поэтому не могут быть реально учтены в гидрогеологических расчетах и прогнозах.

Наиболее важное значение для жизни города и людей имеет проблема изучения и прогнозирования загрязнения подземных вод, подтопления и влияния эксплуатации подземных вод на гидрогеологические условия и окружающую среду, включая экологическую обстановку.

Загрязнение подземных вод начинается уже с основного источника их питания - с атмосферных осадков, которые изучаются и учитываются при анализе гидрогеологических и инженерно-геологических условий еще недостаточно. Известно, что сжигание угля, нефти и природного газа в Европе, включая СССР, приводит к выбросу в атмосферу ежегодно до 60 млн т окислов азота (в пересчете на азот), а также окислов углерода, которые, соединяясь с атмосферной влагой, превращаются соответственно в серную, азотную и угольную кислоты и возвращаются в значительной мере на территорию этих же городов и их пригородов в виде так называемых "кислых дождей". Установлено, что кислые дожди снижают продуктивность лесов и плодородие почв; усиливают выщелачивание почв, вынос из них тяжелых токсичных металлов (делая некоторые металлы ядовитыми, например, алюминий), приводят к загрязнению ими подземных вод, повышению их агрессивности. Исследования в ряде городов показали, что наибольшее загрязнение почв, воздуха и снега наблюдается в районах промышленных зон и крупных автомагистралей и снижается в лесопарковых зонах в 4-5 раз. В почвах и донных отложениях рек на городских территориях накапливается свинец, цинк, медь, олово, ртуть, никель, кобальт, стронций, хром, молибден и другие металлы в количестве, в десятки раз превышающем фоновые концентрации. Кислотность подземных вод часто аналогична кислотности атмосферных осадков ($pH = 4-5$).

Подверженность подземных вод окислению имеет свои региональные и локальные закономерности. Она зависит от климатической зоны, особенностей атмосферной циркуляции, состава почв и зоны аэрации, их фильтрационных свойств и глубин залегания уровня подземных вод. Поэтому каждая территория может быть проработана по этим показателям и тем самым выяв-

лены участки, опасные (или потенциально опасные) для строительства вышняя агрессивность вод к бетону, железобетону, металлоконструкциям (загрязнение токсичными металлами). Это позволит принять необходимые меры по предотвращению негативных последствий от изменения кислотности подземных вод.

Слабо изучается в городах и такой вид загрязнения как углеводородное (бензин, керосин, масла), широко распространенное в районах без колонок, автохозяйств, аэродромов, нефтебаз. Линзы углеводородов не только мигрируют по поверхности грунтовых вод, испаряются и не только дают запах в подвальных помещениях, но и вызывают пожары. Для выявления таких линз и прослеживания путей их миграции во времени в ряде активно используется микрогазовая съемка с установкой газовых анализаторов на автомашинах для регистрации испарений углеводородов, фиксируемых даже при малых скоростях движения.

Далеко не везде в городах страны изучается тепловое загрязнение подземных вод, микрокомпонентный их состав в целях выявления и ликвидации очагов таких загрязнений, приносящих не только материальный ущерб народному хозяйству, но и оказывающих вредное воздействие на здоровье человека способность аккумулировать токсичные элементы (например, отмечено повышение содержания свинца в волосах и др.). Для этих целей, помимо традиционных видов гидрогеологических исследований, в СССР и за рубежом все шире применяются различные дистанционные методы исследований - гозональные аэросъемки с самолетов и управляемых летательных аппаратов (типа любительских самолетиков-планеров), позволяющих выявлять места скрытых утечек из теплотрасс и даже распознавать типы загрязнений (солями, ртутью, натрием, органикой и др.). Однако подобные исследования носят преимущественно поисковый и экспериментальный характер и не получили пока широкого внедрения в практику. Значение же их трудно переоценить. На основе таких исследований можно проводить районирование городов по интенсивности техногенной нагрузки на подземные воды; уточнять применительно к такому районированию схемы размещения наблюдательных скважин и дифференцировать по ней состав наблюдений; выявлять очаги загрязнения среды и подземных вод; разрабатывать рекомендации по их устранению или снижению негативных последствий.

Другим распространенным последствием градостроительства является подтопление. Это явление известно давно и сравнительно хорошо изучено. Масштабы подтопления принимают угрожающие размеры. Число в той или иной степени подтопленных городов в стране приближается к двум тысячам. Под влиянием перечисленных выше факторов отмечаются неуклонные подъемы уровней грунтовых вод в городах и обосновываются мероприятия по борьбе с этим явлением. Однако многие аспекты данной проблемы остаются еще недостаточно изученными. Нет, например, установленных четких критериев для определения критических глубин залегания грунтовых вод и для оценок степени подтопленности территорий применительно к различным типам отложений, включая техногенные (широко развитые в городе

Слабо изучаются и прогнозируются различные экологические последствия подтопления, по-видимому, исследователи не считают эту задачу гидрогеологической. Опыт же совместных работ с экологами показывает, что многие из этих задач являются в равной мере и экологическими и гидрогеологическими и должны решаться совместно.

Установлено, что продуктивность лесов в центральных районах страны имеет четко выраженную параболическую зависимость от среднегодовых глубин залегания грунтовых вод, например, с экстремумом в гляциальных отложениях на 1,5–2 м для ельника с уменьшением продуктивности леса ниже и выше этих глубин [3]. Аналогичные зависимости могут быть установлены для различных типов лесов, луговых трав и других растительных сообществ, расположенных на различных типах отложений в различных климатических зонах, которые могут затем служить основой для прогноза влияния подтопления на растительность.

Слабо изучается влияние подтопления на геокриологические условия (тепловой режим почв и зоны аэрации, условия их сезонного промерзания и оттаивания), на состав и продуктивность почвенного покрова, почвенные процессы (оглеение, выщелачивание, деструкцию и др.), сейсмическую балльность района, на изменение медико-биологической обстановки в городах (размножение грызунов, насекомых, комаров, увеличение, в связи с этим, различных заболеваний), на инженерно-геологические свойства отложений. Количественные связи и закономерности, необходимые для прогнозов этих явлений и процессов, разработаны недостаточно.

Прогнозы развития загрязнений и подтопления на городских территориях чрезвычайно сложны из-за отмеченной выше сложной структуры многочисленных и разнонаправленно воздействующих на подземные воды режимобразующих факторов. Лишь в сравнительно простых природных и техногенных условиях, когда утечки могут быть приняты конкретно сосредоточенными и постоянными или закономерно изменяющимися, такие прогнозы возможны. В большинстве же случаев воздействующие на подземные воды факторы существенно переменны во времени и пространстве, не поддаются точным количественным оценкам, активно взаимодействуют между собой с разными знаками, часто носят случайный характер. Все это затрудняет возможности применения детерминированных прогнозов, снижает их достоверность, заставляет учитывать (на основе решения обратных задач) эффект всех этих факторов лишь в суммарном виде. Реальным в таких условиях способом прогнозирования режима подземных вод представляется анализ и аппроксимация временных рядов наблюдений линейными и нелинейными трендами с последующей их экстраполяцией. Целесообразно также и комплексирование детерминированных и стохастических подходов, как взаимно дополняющих и взаимно корректирующих.

Третьим, типичным для сильно урбанизированных районов, видом гидрогеологических исследований является изучение влияния интенсивной эксплуатации подземных вод на режим подземных вод и взаимосвязанные с ним процессы и явления. Интенсивный водоотбор подземных вод (в основном

крупными водозаборами) в большинстве старых городов осуществляется пределах самих городских территорий и сохраняется даже в условиях включения других — новых источников водоснабжения этих городов. В результате воздействие водоотбора на городские территории со временем снижается, как можно было бы ожидать, а в большей или меньшей степени сохраняется. Характер воздействий водоотбора на гидрогеологические инженерно-геологические условия городов может быть и положительным и отрицательным. Положительным эффектом водоотбора можно считать улучшение дренированности городских территорий, снижение темпов их подтапливания за счет вертикального дренажа грунтовых вод, а также локализацию городских загрязнений в сформировавшейся воронке депрессии. В этой связи эксплуатацию подземных вод целесообразно сохранять. К отрицательным последствиям водоотбора относятся активизация карстово-суффозионных просадочных процессов; нарушение условий взаимосвязи поверхностных и подземных вод, приводящих к ущербу речного стока, а также изменение экологических условий в районе.

Об интенсивности воздействия водоотбора на гидрогеологическую обстановку можно судить по темпам снижения уровней (напоров) подземных вод в крупных городах, достигающим 1–2 м в год и до 70–100 м за многолетие; развитию площадей воронок депрессии, имеющих десятки и даже сотни километров в диаметре. Одновременно изменяются качество подземных вод, изотопный и микробиологический их состав, интенсивность водообмена подземных вод, условия взаимосвязи водоносных горизонтов, скорости движения подземных вод, особенности режима и баланса подземных вод [3].

Вопросы изучения, анализа и прогноза режима подземных вод под влиянием их эксплуатации имеют, пожалуй, наибольшую историю, разработанную теорию и, казалось бы, здесь должно возникать меньше всего вопросов. Однако и здесь немало своих проблем, требующих решения и более углубленного изучения. Одной из таких проблем является прогнозирование активизации карстово-суффозионных процессов под влиянием водоотбора и изменчивость, в связи с этим, расчетных гидрогеологических параметров. Увеличение градиентов и скорости потока, а также привлечение агрессивных речных и грунтовых вод приводит не только к увеличению выщелачивания карбонатных пород, но и к вымыванию рыхлых осадков, кольматировавших ранее пустоты и трещины. В результате фильтрационные свойства карстующихся пород даже в пределах расчетных периодов при оценках запасов подземных вод могут существенно меняться. Данное явление пока не учитывается в расчетах и прогнозах, хотя может сказаться существенно на их результатах, особенно при оценке скоростей распространения загрязнений.

Изучить масштабы этих процессов и разработать методику их учета гидрогеологических расчетах и прогнозах можно на основании анализа опыта эксплуатации подземных вод. По данным многолетних наблюдений объемом и химическим составом откачиваемых вод можно оценить развит

интенсивности процессов выщелачивания карбонатов, а в сочетании с режимом уровней подземных вод, решая серию обратных задач по отдельным интервалам времени, установить закономерность изменчивости расчетных параметров. Установленные закономерности могут стать основой модели прогноза изменчивости расчетных параметров, которую можно будет использовать для последующих расчетов и прогнозов.

Изучение закономерностей карстообразования как основы прогноза активизации процесса в условиях водоотбора на урбанизированных территориях имеет целью выявление участков вероятных провалов земной поверхности и предупреждение катастрофических последствий от таких провалов. Решению этой задачи на первом этапе может способствовать районирование территорий по прямым и косвенным карстообразующим факторам. К прямым факторам можно отнести содержание в воде свободной углекислоты, температуру подземных вод, скорость их фильтрации, изменение гидростатического давления, повышенную кислотность (рН) и окисляемость (O_2) вод. К сожалению, данные об этих показателях часто отсутствуют или бывают некачественными, так как их определения выполняются в ряде случаев не в момент отбора проб воды.

Термодинамические расчеты степени насыщенности подземных вод карбонатами кальция по этим же причинам также несут элемент условности, хотя и позволяют в какой-то мере составить представление об изменчивости агрессивности подземных вод в прошлом, имея данные лишь о сокращенном анализе подземных вод. Поэтому необходимо повысить детальность изучения этих процессов.

Немаловажным становится учет и других косвенных показателей, отражающих изменения характера взаимосвязи поверхностных и подземных вод, интенсивность их водообмена, возраст воды. Эту задачу хорошо решает комплексная гелиевая и тритиевая съемка с массовым нетрудоемким гелиевым опробованием и с контрольными единичными определениями трития в выявленных аномалиях гелия. Проведение таких работ в Москве показало хорошую сопоставимость аномалий гелия с аномалиями повышенного содержания свободной углекислоты, рН, перманганатной окисляемости, концентраций стронция (являющегося следствием карстового процесса) и трития [2]. Повторные съемки, выполненные ИВП АН СССР в последующие годы, позволили установить динамику во времени этих аномалий и оценить тем самым характер процесса распространения агрессивных подземных вод, их "омоложения", а следовательно и выявить участки потенциальной активизации карстовых процессов [2].

Мало изучен вопрос о катализаторах карстового процесса. Такими катализаторами являются различные загрязнители подземных вод. Часто в качестве катализатора выступают воды с золоотвалов ТЭЦ, ускоряющие растворение известняков в 4-5 раз. Катализаторами служат также микроорганизмы - гидробионты, продуктами жизнедеятельности которых являются слабые кислоты. Увеличение доли поверхностных и грунтовых вод в питании

напорных вод Москвы привело к значительному развитию в них гидроботов.

В зависимости от интенсивности этих взаимосвязей в водах среднего карбона встречается от 1 до 24 видов микроорганизмов, включая 9 в зеленых водорослей, 5 видов нитчатых бактерий, 4 вида диатомей, элены, флагаелаты, раковинная амеба, инфузории и др. с общей численностью до 10 тыс. в 1 мл воды. Отмечены закономерные сезонные изменения и видового состава гидробионтов, так же как и изменчивость недонашенности подземных вод по кальцию [1]. Аномалии распространения микроорганизмов совпадают с аномалиями вод, недонасыщенных по кальцию. ним судить о влиянии микроорганизмов на повышение карбонатной агности вод и активизацию карстового процесса.

Представляется важным количественно оценить вклад микроорганизмов в карстовый процесс наряду с агрессивными речными и грунтовыми водами. Изучить многолетние закономерности развития органики в подземных водах в связи с режимом уровней подземных вод, а также перейти к учету этого фактора в прогнозах качества подземных вод и активизации карстового процесса. Важно также изучить карстовый процесс во взаимодействии с сульфидными до количественного прогностического уровня.

Заслуживает внимания вопрос об упорядочении состава наблюдений за режимом подземных вод в городах. Так, санитарными станциями Москвы проводится лишь сокращенный анализ воды (всего 9, реже 11 ингредиентов). Оценить соответствие качества питьевой воды ГОСТу часто не представляется возможным, не говоря уже о выявлении многочисленных типов водных загрязнений подземных вод.

Прогнозы развития карстовых процессов могут основываться на моделировании комплексных гидродинамических и массообменных процессов. Одна из моделей разработана Меркадо (США), имеются и другие модели. Далеко не всегда, где это следовало бы, изучается оседание земной поверхности. Такой опыт есть лишь в Таллинне и Ленинграде, возможность же оседания вероятна в Риге, Харькове, Краснодаре, Киеве и других городах.

Требуется дальнейшее развитие и совершенствование форм систематической информации о режиме подземных вод и их прогнозах на городских территориях, как одного из основных и первоочередных результатов мониторинга в целом и мониторинга подземных вод в том числе. Эта информация должна включать:

– дежурные карты состояния объекта с различных сторон его многоплановой изменчивости. В том числе, помимо традиционных карт гидроизогий (изопьез) и химического состава подземных вод, целесообразно составлять карты срезов уровней или годовых темпов их снижения, карты развития аномалий гелия, pH, агрессивности вод, концентраций стронция, содержания органики и типов гидробионтов, теплового, углеводородного и других видов загрязнения подземных вод, условного возраста подземных вод или темпов водообмена;

- карты прогноза гидродинамического и гидрохимического режима (включая динамику распространения загрязнений), а также возможной активизации гидродинамических процессов;
- рекомендации по профилактике развития загрязнений и рациональному перераспределению водосточа в целях снижения прогнозируемых негативных последствий, т.е. следует активно управлять режимом подземных вод, создавая для этого необходимую теоретическую основу.

Необходимо подчеркнуть важность автоматизации гидрогеологических наблюдений, которая особенно нужна именно в городах с мощными и нередко случайно возникающими техногенными воздействиями на подземные воды. Состояние технической оснащенности наблюдений во многих городах, включая Москву, требует значительного улучшения. Здесь, по-видимому, не стоит ожидать начала серийного выпуска нужных приборов, а необходимо встать на путь усовершенствования и приспособления к решаемым задачам выпускаемой техники.

Не способствует решению стоящих задач и существующая неразбериха в распределении между ведомствами ответственности за изучение гидрогеологической и инженерно-геологической обстановки в городах. Координация всех этих исследований позволит избежать их дублирования и обеспечить комплексность и преемственность в изучении режима подземных вод и экзогенных геологических процессов городских территорий.

Литература

1. Бреховских В.Ф., Злобина В.Л., Золотарева Н.С. Изучение гидробиоценоза напорных вод в карбонатных породах на урбанизированных территориях // Особенности и закономерности формирования вод суши. М., 1986. Т. 2: Поверхностные и подземные воды. С. 386-395.
2. Злобина В.Л., Ковалевский В.С. Применение гелиометрических исследований для выявления участков возможного развития карстово-суффозионных процессов в карбонатных породах // Там же. С. 338-352.
3. Ковалевский В.С. Исследование режима подземных вод в связи с их эксплуатацией. М.: Недра, 1986. 200 с.

УДК 624.131

ПОСТОЯННОДЕЙСТВУЮЩАЯ МОДЕЛЬ (ПДМ) ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРОДА КАК СРЕДСТВО УПРАВЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЕЕ ОХРАНЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

И.С.Пашковский, Ю.О.Зеегофер, А.Н.Клюквин, А.А.Рошаль

Опыт создания ПДМ геологической среды территории Московского градо-промышленного комплекса и полученные к настоящему времени результаты ее эксплуатации позволяют сделать некоторые общие выводы, которые, по мнению авторов, будут способствовать дальнейшему развитию исследований по созданию комплексных систем прогнозирования изменений геологической среды.

В первую очередь необходимо отметить, что единственным и эффективным способом совершенствования системы управления в области рационального пользования и -охраны геологической среды хозяйственно развитых территорий является создание и использование систем ЦДМ, включающих автоматизированные и постоянно пополняющиеся банки данных. Включаемая в такие банки информация должна быть представлена не только информацией фактографично и данными о теоретических моделях геологических процессов, которые могут быть использованы в той или иной конкретной обстановке. Лишь те банки данных позволяют оперативно получать и обрабатывать огромное количество информации по состоянию геологических объектов, а также осуществлять прогнозирование их техногенных изменений применительно ко всем этапам территориального планирования. В этом смысле ЦДМ геологической является по своему существу новым элементом организационной структуры территориального управления.

Приповерхностный слой гидrolитосферы, включая ее техногенно измененную часть - геологическую среду, является базовой природной системой объединяющей через процессы энерго- и массопереноса основные элементы ландшафта.

Предполагается, что в некоторой отдаленной перспективе развитие геологической среды может обеспечить задачи управления в области рационального использования ресурсов основных систем, образующих "наземную часть ландшафтной оболочки. Реальность такой перспективы ощущается на первых этапах создания ЦДМ в связи, например, с реальной возможностью оценки влияния изменений поверхностных грунтовых вод и режима влаги ненасыщенной зоне на растительные сообщества, а также на сток речных систем.

Однако ближней перспективой развития собственно ЦДМ геологической среды является более глубокое обоснование и реализация моделей тепло- и массопереноса (обмена), а также моделей, которые можно отнести, отличая их от предыдущих, к моделям трансформации вещества и энергии. Например, к ним относятся модели растворения, комплексобразования, геомикробиологические (на микроуровне) и механической трансформации горных пород (на макроуровне).

И те и другие модели принадлежат к различным структурным уровням организации гидrolитосферы, выявление которых представляет особую задачу, предваряющую непосредственное обоснование моделей. При этом наиболее интересной и вместе с тем сложной проблемой является построение моделей так называемых "цепей" процессов, состоящих из звеньев переноса и трансформации вещества и энергии.

Несмотря на сложность достижения целей развития ЦДМ, концепция и использование совершенствующихся систем позволяет организационно преодолевать сложность путем влияния не только на постановку и проведение массовых натурных наблюдений и инженерных изысканий, но и на постановку и проведение научных исследований по разработке моделей. Приоритетность ос-

ствления тех или иных исследований определяется конкретными особенностями объекта прогнозирования, принадлежащего той или иной территории, а также интересами развития ее хозяйства.

Использование ЦДМ в системе управления имеет определенную этапность. На первом этапе, после создания комплекса региональных и локальных моделей геофильтрации и влагопереноса ЦДМ может использоваться при решении задач рационального использования водных ресурсов, при подготовке долгосрочных и перспективных планов хозяйственного развития территорий, а также регулировании уровня режима подземных вод при обосновании конкретных проектов хозяйственных систем. На этом этапе могут осуществляться прогнозные оценки проявления сложных геологических процессов, механизм которых в существенной мере определяется изменениями гидрогеодинамической обстановки.

В дальнейшем возможность оценки результатов прогнозов на базе использования данных массовых наблюдений и изысканий открывает перспективы в области целенаправленной организации научных исследований в аспекте уточнения старых и разработки новых моделей сложных процессов. Их обоснование требует значительного объема ориентированной информации, которую можно получить лишь на основе проведения дорогостоящих и трудоемких экспериментальных исследований, в первую очередь, на натуральных полигонах. Тем более эффективность таких исследований будет повышаться, если использовать регулирующую роль системы ЦДМ.

Важно отметить, что эффективность функционирования ЦДМ, начиная с раннего ее этапа, в существенной мере зависит от подготовленности блока оптимизирующих моделей, использующихся в рамках осуществления нормативных прогнозов и рационализирующих выбор наиболее целесообразных предложений по охране и рациональному использованию геологической среды. Относительно слабая разработанность таких моделей и, вместе с тем, острая необходимость их применения для организации надежных связей прогнозных исследований с плановыми позволяет считать разработку таких моделей первоочередной.

УДК 624.131

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ И ПРОГНОЗА ОСЕДАНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДОВ

Л. К. Валлнер

Наибольшее оседание земной поверхности на городских территориях, максимальные амплитуды которого достигают 8–12 м, обусловлено интенсивной откачкой подземных вод из водоносных горизонтов [5]. Вследствие этого повреждаются строительные конструкции, подтапливаются низменные участки городов, выходят из строя канализационные коллекторы.

Механизм упомянутого оседания описан в работе [8] без учета реологических свойств уплотняющихся горных пород. Ввиду водоотбора подземных

вод понижается гидравлический напор как в водоносных горизонтах, так в контактирующих с ними глинистых пластах. Снижение напора при практически неизменном общем давлении приводит к росту эффективных напряжений и уменьшению пористости пород, причем глинистые слои уплотняются. Вместе с ними уплотняются и песчаные отложения, а также скальные коренные породы, однако, в гораздо меньшей степени.

При уменьшении или прекращении откачки подземной воды напор в вмещающей толще станет восстанавливаться, а эффективное напряжение скелет пород — уменьшаться. В результате происходит незначительное поднятие земной поверхности. Упругие деформации связаны, в основном, с песчаными и скальными породами. Наибольшей и практически необратимой сжимаемостью отличаются четвертичные текучие и текучепластичные отложения, однако, и слабоцементированные алевролиты и мергели коренной толщи могут деформироваться в значительной мере.

В интересах правильной интерпретации и надежного прогнозирования поднятия земной поверхности, обусловленного откачкой подземных вод, целесообразно соблюдать определенную методику и стадийность соответствующих исследований.

На первом этапе работ следует произвести геомеханическую типизацию и схематизацию процесса деформации земной поверхности на рассматриваемой территории. В результате этого должны быть выделены подвергающиеся уплотнению слои, а также установлены причины и условия их уплотнения. Новым являются применяемые расчетные схемы и параметры, причем особое внимание следует уделять правильному определению начальных и граничных условий нестационарных гидрогеомеханических процессов. Необходимо иметь в виду, что наблюдаемое на городских территориях суммарное оседание земной поверхности может в действительности складываться из ряда частных оседаний, которые обусловлены различными причинами [1]. В течение времени доли частных оседаний в общей деформации земной поверхности изменяются. Особое внимание заслуживает консолидационное уплотнение глинистых грунтов под влиянием нагрузки зданий, которое на протяжении нескольких десятков лет нередко достигает 0,3–0,6 м и даже больше. Такое уплотнение целесообразно исследовать на основании анализа смещения стенных, а также ярусно расположенных неглубоких грунтовых реперов. Если доля консолидационного уплотнения грунтов под влиянием нагрузки строительных конструкций не будет достаточно четко выделена, то это может значительно затруднять правильную интерпретацию и прогноз суммарного оседания земной поверхности. На протяжении первого этапа исследований, который в значительной мере заключается в анализе фондовых и литературных данных, планируются, а отчасти и осуществляются необходимые дополнительные экспериментальные работы (закладка различных реперов, нивелирование, определение сжимаемости пород, пробные откачки и т.п.). Следует подчеркнуть, что экспериментальные работы должны проводиться на всех стадиях исследований, так как они могут давать ценный материал для уточнения прогнозов.

Второй этап исследований заключается в достоверном расчете изменения гидравлического напора в водоносных горизонтах под влиянием откачки из них подземных вод. При сравнительно простых условиях (один-два фильтрационно однородных водоносных горизонта) необходимые расчеты могут быть проведены по известным аналитическим зависимостям [2]. Если же водоносные горизонты фильтрационно неоднородны и обладают различного рода граничными условиями, а их эксплуатационный режим сложен, то нестационарное распределение гидравлических напоров может быть надежно установлено с помощью гидрогеодинамического моделирования. Вообще существуют многие методы такого моделирования, которыми следует пользоваться в зависимости от конкретной гидрогеологической обстановки и характера поставленной задачи [4, 6]. В некоторых случаях при изучении распределения гидравлического напора в многослойной водовмещающей толще важно учитывать нестационарное (упругое) фильтрационное перетекание через относительно слабопроницаемые разделяющие пласты. Соответствующие расчетные алгоритмы предложены В.И.Лялько и А.И.Сахацким (1985) [5], некоторые теоретические аспекты этой проблемы рассмотрены нами [3].

Завершающимся этапом исследований по оседанию земной поверхности является расчет уплотнения глинистых слоев в результате уменьшения гидравлического напора в водоносных горизонтах. С этой целью выведены различные, довольно сложные отчасти, двух- и трехмерные вычислительные схемы [9, 10, 11], однако наш опыт показывает, что вполне удовлетворяющую инженерную практику точность можно достичь и с применением следующей одномерной зависимости

$$S(t) = -m \int_0^d p(z, t) dz. \quad (I)$$

Здесь $S(t)$ — уменьшение толщины уплотняющего глинистого слоя; m — показатель уплотнения (коэффициент компрессии); d — начальная мощность испытывающего уплотнение слоя; $p(z, t)$ — гидростатическое (нейтральное) давление в глинистом слое; z, t — вертикальная координата и время соответственно.

Знак минус поставлен перед правой стороной формулы (I) потому, что вторичную консолидацию глинистых отложений в рассматриваемой постановке проблемы обуславливает только уменьшение гидростатического напора, т.е.

$$\partial p_e(z, t) = -\partial p(z, t), \quad (2)$$

где p_e — эффективное давление. Расчет по формуле (I) желательно провести по определенным наиболее характерным пунктам изучаемой территории.

Функция $p(z, t)$ в формуле (I) определяется решением дифференциального уравнения

$$c \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} = \frac{\partial p}{\partial t}, \quad (3)$$

где c - коэффициент консолидации уплотняющего слоя $0 \leq z \leq d$.

Уравнение (3) решается при конкретных начальных и граничных условиях, установленных в результате работ, проведенных на протяжении предыдущих этапов исследований. Целесообразно приурочить расчетный момент времени $t=0$ к тому периоду, когда в уплотняющемся слое существовал естественный или слабонарушенный откачками под напором вод фильтрационный режим. Тогда практически еще не происходил зывающий вторичную консолидацию убывания гидростатического давления, следовательно, начальное условие нашей задачи может быть задано в виде

$$p(z, t) \Big|_{t=0} = \gamma H(z, t) \Big|_{t=0}.$$

Здесь γ - удельная масса воды и $H(z, t)$ - гидравлический напор.

Граничное условие, т.е. изменение гидростатического давления на поверхности уплотняющего слоя, где $z=0$, желательнее аппроксимировать кусочно-однородной функцией, график которой имеет вид ломаной линии

$$p(z, t) \Big|_{z=0} = \gamma \sum_{i=1}^n v_i(t) = \gamma \sum_{i=1}^n (H_i - H_{i-1})(t - t_{i-1}) / (t_i - t_{i-1}).$$

Здесь H_i и H_{i-1} значения напора $H(z, t) \Big|_{z=0}$ соответственно в моменты времени $t_{i-1} < t_i$ при $i = 1, 2, \dots, n$, если $t > 0$.

Считаем, что другое граничное условие имеет нулевое значение:

$$p(z, t) \Big|_{z=d} = 0.$$

Тогда решение уравнения (3), удовлетворяющее условиям (4)-(6), представляется в виде [1]:

$$p(z, t) = \gamma \sum_{i=1}^n v_i(t) R(\bar{z}, \tau_i),$$

где

$$R(\bar{z}, \tau_i) = (1 - \bar{z}) \left(1 - \frac{2\bar{z} - \bar{z}^2}{6\tau_i}\right) + \frac{2}{\pi^3 \tau_i} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^3} \exp[-k^2 \pi^2 \tau_i] \sin(k\pi \bar{z}),$$

причем $\bar{z} = z/d$ и $\tau_i = c(t - t_{i-1})/d^2$.

Подставляя (7) в (1) и интегрируя по z , получим

$$S(t) = -\gamma m A(t),$$

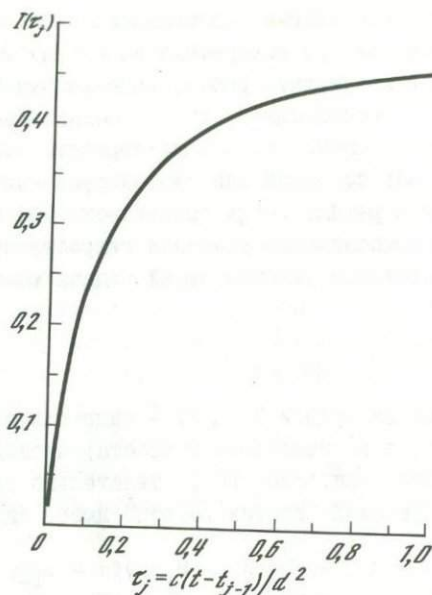
где

$$A(t) = \sum_{i=1}^n v_i(t) I(\tau_i),$$

$$I(\tau_i) = 0,5 - \frac{1}{24\tau_i} - \frac{2}{\pi^4 \tau_i} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^k - 1}{k^4} \exp[-k^2 \pi^2 \tau_i].$$

Для облегчения вычисления функции $I(\tau_i)$ нами составлен ее график (рис. 1).

Если граничное условие на поверхности слоя $z = d$ не нулевое, а может быть аппроксимировано так же, как условие (5), то к сомножителю в формуле (9) следует прибавить по виду аналогичный к нему член.



Р и с. I. График функции $I(\tau_j)$

Иногда в многослойной водовмещающей толще уплотняется сразу несколько глинистых слоев. Тогда их уплотнение целесообразно вычислять раздельно для каждого слоя по формуле (9), а результаты расчетов суммировать.

При вычислениях по формуле (9) необходимо иметь в виду, что по сути они действительны для периодов понижения гидравлических напоров в водонесных горизонтах. Если же понижение напоров заменяется длительным их повышением, то адекватного поднятия земной поверхности не происходит. Из теории консолидации известно, что при разгрузке уплотняющегося грунта наблюдается некоторое ослабление его деформации, которое исчезает при повторном увеличении сжимающего напряжения. Поэтому при практических вычислениях относительно кратковременные повышения гидравлического напора желательно заменять постоянными его значениями, которые наблюдались как раз перед наступлением фазы повышения напора, т.е. при $H_i > H_{i-1}$ считать, что $H_i = H_{i-1}$.

Иногда гидравлический напор в водовмещающей толще может в некоторый момент времени t_a упасть ниже подошвы уплотняющегося глинистого слоя и такая обстановка будет сохраняться и в обозримом будущем. Тогда граничное условие I рода на этой поверхности приобретает постоянное значение, и по формуле (9) можно рассчитать максимально возможное оседание земной поверхности $\mathcal{Z}(t)$ к моменту времени t_a , причем $t_b \gg t_a$.

Оседание земной поверхности в интервале времени $t_a < \tilde{t} < t_b$ можно прогнозировать также по упрощенной зависимости

$$s(\tilde{t}) = M [1 - \exp(-\pi^2 c \tilde{t} / d^2)], \quad ($$

причем коэффициент M сначала целесообразно определять по обратной зависимости

$$M = \frac{\Delta S}{\exp [(\tilde{t}_1 - \tilde{t}_2) \pi^2 c / d^2]}, \quad ($$

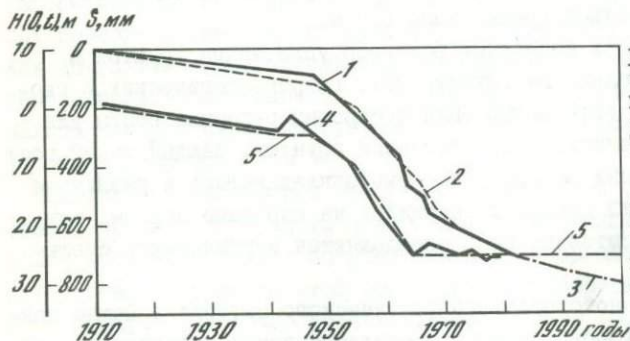
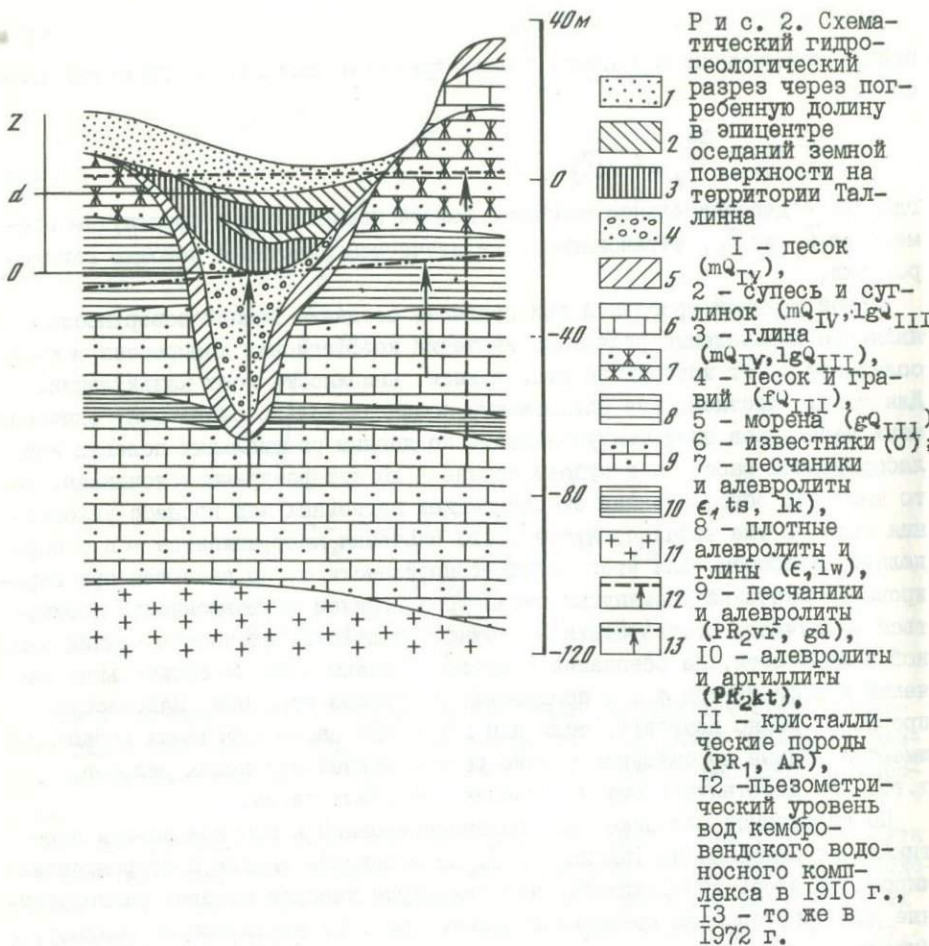
где ΔS — действительное оседание земной поверхности в промежутке времени от \tilde{t}_1 до \tilde{t}_2 , установленное на изучаемом участке с помощью нивелирования.

Самой трудной проблемой при прогнозе оседания земной поверхности является определение расчетных значений коэффициента компрессии m и солидации c , от которых по сути зависит надежность всех калькуляций. Для таких участков, где описываемые оседания только ожидаются, значения этих параметров придется установить по данным специальных полевых и лабораторных работ, а в худшем случае — по литературным источникам, то там, где обусловленный эксплуатацией подземных вод процесс уплотнения грунтов уже начался, лучше всего значения коэффициентов m и c делать подбором. Для этого следует произвести серию расчетов при фиксировании значений упомянутых параметров, причем по возможности добиться наилучшего соответствия расчетного и действительного оседания земной поверхности. На основании полученных таким образом оптимальных значений коэффициентов m и c производится прогноз оседания. Надежности прогнозов можно повысить, если для коррекции рассматриваемых параметров имеются данные по смещению ярусно расположенных глубинных реперов, т.е. — по действительному уплотнению различных слоев.

По изложенной методике нами проанализированы и прогнозированы вертикальные смещения по Таллину [1]. На основании многих повторных измерений здесь обнаружилось, что некоторые участки города, расположенные над погребенными древними долинами (рис. 2) неравномерно оседают. Интенсивность оседания увеличилась с 1959 по 1964 гг. и достигла 27-в год (рис. 3). Суммарное опускание земной поверхности в эпицентре данных составляет в настоящее время около 0,7 м.

Для выяснения роли всех возможных факторов уплотнения грунтов в Таллине проводился комплекс геотехнических, гидрогеологических и инженерно-географических изысканий. С этой целью были построены реперные посты для непрерывной послышной регистрации уплотнения грунтов. Каждый такой состоит из шести глубинных реперов, которые закладывались в различных отложениях. Самый глубокий репер, опирающийся на коренные породы, считается основным, и относительно него определяется вертикальное смещение других реперов.

На основании накопленного большого фактического материала можно заключить, что главным фактором локального оседания земной поверхности в Таллине является понижение гидравлического напора в распространяющемся на территории города кембро-вендском водоносном комплексе (см. 1



Р и с. 3. Прогноз и эпигноз оседания земной поверхности по эпицентру оседаний в Таллинне

I - измеренное оседание земной поверхности, 2 - расчетное оседание по формуле (9), 3 - то же по формуле (12), 4 - измеренное понижение гидравлического напора в кембрийском водоносном комплексе, 5 - то же, расчетное

Ввиду интенсивной откачки подземных вод с начала настоящего столетия до 1964 г. пьезометрический напор понизился в нем от абсолютной отметки плюс 1-2 до минус 27 м. Это обусловило уплотнение залегающих в пределах погребенных долин на водоносном горизонте слабоплотных четвертичных глинистых отложений.

Согласно нашим расчетам, которые проводились по изложенной выше методике, конечное максимальное значение оседания земной поверхности в Таллине может достигнуть к концу следующего столетия примерно 1 м (см. рис.). В настоящее время уплотнение грунтов в эпицентре оседаний постепенно затухает, так как здесь уже в 1972 г. пьезометрический уровень в кебро-вендском водоносном комплексе упал ниже подошвы уплотняющего глинистого пласта. Наши прогнозные расчеты, которые впервые были проведены в 1975 г., пока хорошо согласуются с контрольными нивелированиями.

Литература

1. Арбейтер Р.Я., Валлнер Л.К., Саапар Л.А., Савицкий Л.А. Оседание земной поверхности в Эстонии под влиянием антропогенных факторов // Вод. ресурсы. 1982. № 2. С. 64-78
2. Бочевер Ф.М. Теория и практические методы гидрогеологических расчетов эксплуатационных запасов подземных вод. М.: Недра, 1968. 325 с.
3. Валлнер Л.К., Тобиас Т. Описание нестационарного распределения напора в многослойной водовмещающей толще с помощью системы дифференциальных уравнений // Изв.АН ЭССР. Геология. 1984. № 3/4. С. 128-135.
4. Гавиц И.К. Теория и практика моделирования в гидрогеологии. М.: Недра, 1980. 358 с.
5. Коноплянец А.А. Вторичная консолидация и депрессионное уплотнение // Гидрогеологические основы охраны подземных вод. М. 1984. Т.1. С. 142-147.
6. Лукнер Л., Шестаков В.М. Моделирование геофильтрации. М.: Недра, 1976. 407 с.
7. Лялько В.И., Сахацкий А.И. Численное решение на ЭВМ задач подземного массопереноса в многослойной водонапорной системе методом покомпонентной верхней релаксации // Моделирование гидрогеохимических процессов и научные основы гидрогеохимических прогнозов. М.: Наука, 1985. С. 117-124.
8. Мироненко В.А., Шестаков В.М. Основы гидрогеомеханики. М.: Недра, 1974. 295 с.
9. Флорин В.А. Основы механики грунтов. Л.; М.: Госстройиздат, 1961. Т.2. 543 с.
10. Фукуо Y. Visco-elastic theory of the deformation of a confined aquifer // Land subsidence. Louvain, 1970. Vol. 2. P. 547-562.
11. Lewis R.W., Schrefler B. A fully coupled consolidation model of the subsidence of Venice // Water Resour. Res. 1978. Vol. 14, N 2. P. 223-230.

ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УЩЕРБА ОТ АНТРОПОГЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И ЕЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

Г.Л. Кофф, А.В. Живицкий

В процессе антропогенного изменения геологической среды (в том числе при усилении абразии морского побережья, развитии оползней, изменении состава и режима подземных вод и т.п.) нередко отмечаются сокращения запасов и ухудшение качества ее рекреационных ресурсов: пляжей, лечебной грязи и рапы озер, лечебных минеральных вод и др. Анализ этих процессов показывает их широкую распространенность в большинстве рекреационных областей мира и существенное влияние на функционирование и развитие сложившихся комплексов лечения, отдыха и туризма.

В настоящее время все большую актуальность приобретает проблема определения ущерба от изменения геологической среды, ее рекреационных ресурсов, учет ущерба при изучении различных вариантов дальнейшего рекреационного освоения. Несмотря на важность данной проблемы, до настоящего времени она не получила должного теоретического решения и отражения в народнохозяйственной практике. Это объясняется, по мнению специалистов в области экономики природопользования, недостаточной разработанностью методологии оценки ущерба от деградации рекреационных ресурсов, а также слабой обеспеченностью расчетов достоверной и репрезентативной информацией.

Основным методологическим принципом при оценке рассматриваемого ущерба должен быть народнохозяйственный подход, комплексность и приоритетность. Комплексность такой оценки обеспечивается системой показателей экологического, социального и экономического ущербов. Народнохозяйственный подход осуществляется одновременным учетом экономических результатов в различных сферах общественного производства. В первую очередь необходимо учесть социальных результатов при рассмотрении системы показателей экологического, социального и экономического ущербов при различных вариантах преобразования геологической среды и ее рекреационных ресурсов [1, 2].

Экологический ущерб, обусловленный неблагоприятным изменением природных объектов, заключается в сокращении запасов и ухудшении, в сравнении с исходным естественным состоянием, качества различных рекреационных ресурсов в ландшафте в целом. К составу основных видов такого изменения при оценке ущерба следует отнести не только явные результаты загрязнения рекреационных ресурсов отходами производства или их изъятия в интересах других хозяйственных отраслей, но и не столь наглядные виды деградации. А именно: изменение режима подземных минеральных вод в результате бессистемного бурения; трансформацию среды опресняемых соленых лиманов, содержащих лечебные грязи; чрезмерную добычу лечебных грязей и минеральных вод в курортных целях, превышающую экологически

допустимые пределы их возможного освоения; чрезмерную нагрузку на них при пребывании на них избыточной численности отдыхающих, превышающую санитарно-гигиенические ограничения и т.п.

Показатели экологического ущерба, устанавливаемые на основе куртологических и геологических исследований, можно оценить размерами акваторий и территорий, подвергнутых неблагоприятному изменению оздоровительных свойств и иным видам деградации рекреационных ресурсов величиной объема деградации отдельных видов рекреационных ресурсов сравнении с их исходным естественным состоянием.

Социальный ущерб, вызванный неблагоприятным влиянием хозяйственной деятельности на геологическую среду и ее рекреационные ресурсы, заключается в полной или частичной потере различных видов социального фактора, который мог быть получен в сфере общественного производства здравоохранения в результате экологически допустимого оздоровительного использования этих природных объектов. Размеры рассматриваемого социального ущерба определяются следующими показателями: численностью населения, которое ранее пользовалось рекреационными ресурсами в течение года при экологически допустимом использовании объектов; изменение обычной величины временной нетрудоспособности рекреантов, которое могло быть в результате экологически допустимого освоения рекреационных ресурсов; ухудшением эмоционального состояния рекреантов и местного населения ростом их миграции, снижением престижности отдельных зон и рекреационных зон в целом.

Экономический ущерб от деградации рекреационных ресурсов при хозяйственной деятельности на геологическую среду определяется на основе разработанного академиком С.Г.Струмилиным [4] методологического подхода к оценке воздействия изменения состояния здоровья населения на эффективность общественного производства. Использовались методические разработки советских и болгарских курортологов, экономические последствия курортного лечения и отдыха работников промышленных предприятий, а также основные положения выпущенной совместно институтом экономики и ЦЭМИ АН СССР "Временной типовой методики определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей природной среды". Экономический ущерб от деградации рекреационных ресурсов может быть измерен величиной изменения экономических показателей материального производства, затрат в непроизводственной сфере [3].

В связи с ценной ролью рекреационных ресурсов в сохранении здоровья населения и тем, что эти ресурсы и вся геологическая среда курортных зон должны рассматриваться в качестве жизненно важной среды обитания, оценку суммарного ущерба от их деградации в популярных курортных зонах следует производить не только в отношении фактически использовавшихся рекреантами ресурсов, но и в отношении всех ценных видов рекреационных ресурсов, подвергнутых влиянию хозяйственной деятельности. Подобно

Подхода придерживаются многие исследователи в области оценки экономического ущерба от деградации рекреационных ресурсов, предлагающие определять ущерб на основе экономической оценки сокращения природно-ресурсного потенциала. Одним из распространенных методических приемов является оценка вначале удельных показателей экономического ущерба в расчете на единицу объема ресурсов, а затем на основе учета общих размеров изменения этих ресурсов, расчет суммарного ущерба от их деградации с учетом фактора времени.

Следует отметить ряд особенностей определения удельных ущербов от изменения рекреационных ресурсов. Оценка удельных ущербов должна производиться дифференцированно, с учетом специфики различных способов освоения рекреационных ресурсов, а также типов этих ресурсов, видов и степени их изменения. Для уникальных по ценности и ограниченных по размерам видов рекреационных ресурсов (например, Булгаканские сопочные грязи в Крыму), а также ресурсов, запасы и нормативы оздоровительного освоения которых не подлежат сокращению, а санитарные требования — смягчению (например, уникальная минеральная вода источника "Нафтуся" в Карпатах), максимальную величину удельных ущербов от их полной деградации можно оценивать в размере потери соответствующей прибыли, которая могла быть получена при экологически допустимом использовании этих ресурсов.

Расчеты, выполненные по ценным видам рекреационных ресурсов для ряда стран-членов СЭВ (СССР, Чехословакия, Болгария, Румыния) и некоторых капиталистических стран (США, Турция), показывают достаточно значительные размеры удельного ущерба от их антропогенного изменения. Для уникальных видов подземных минеральных вод СССР ущерб составил около 4 тыс.руб. в расчете на 1 м^3 , в США — свыше 2,3 тыс.долл./ м^3 ; при исследовании таких минеральных вод в виде лечебных ванн в условиях СССР ущерб оценивается в размере 50 руб/ м^3 , в условиях США — около 30 долл./ м^3 ; для ценных видов лечебных грязей в условиях США — 700 долл./ м^3 , для песка пористого пляжа на ценных курортах юга — около 30 руб/ м^3 , в условиях морских курортов США — 14 долл./ м^3 .

Сопоставление размеров ущерба от антропогенного изменения геологической среды и ее рекреационных ресурсов с величиной фактического или экологически допустимого освоения рекреационного природно-ресурсного потенциала имеет не только теоретический, но и практический интерес. Такое сопоставление является одним из важных экономико-экологических показателей рациональности комплексного хозяйственного освоения геологической среды.

Ряд рассмотренных методических положений и основанных на них расчетов использован в "Методике определения эффективности затрат в производственной сфере", в "Региональной схеме охраны природного комплекса и рационального использования естественных ресурсов Черного и Азовского морей" (Союзгипроводхозом), "Схеме развития и размещения ку-

портов, мест отдыха и туризма, природных парков СССР" (КиевНИИградостроительства). Они могут быть использованы при разработке природоохранных и рекреационных разделов региональных программ "Здоровье", комплексных программ "Научно-технического прогресса, территориальных комплексных схем оценки природы" и т.п.

Предложенный методический аппарат и рассчитанные на его основе показатели ущерба, определенные для ряда вышеприведенных зарубежных стран, могут найти применение в научных исследованиях, плановых и практических разработках в рамках международного сотрудничества.

Литература

1. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей природной среды. М., 1983. 124 с.
2. Коффе Г.Л., Чистякова Т.Н. Методология комплексной экономической оценки геологической среды (территориальных литосферных ресурсов) // Совершенствование методологии управления социальным природопользованием: Тез. Всесоюз. конф. М., 1986. Т. 2. С. 223-224.
3. Мелешкин М.Т., Харичков С.М., Живицкий А. Экономико-экологические проблемы использования и охраны рекреационных ресурсов побережья // Экономико-экологические проблемы морской среды. Киев: Наук. думка, 1982. С. 195-208.
4. Струмили С.Г. Статистика и экономика. М.: Наука, 1964. 490 с.

УДК 624.001.137

К МОДЕЛИРОВАНИЮ ДРЕНАЖА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ И ОЦЕНКЕ ЕГО ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ГИДРОДИНАМИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ

А.Т.Юнусходжиев, Н.Т.Тахиров, В.У.Магдиев, А.Гайратбеков

Гидрогеологическое обоснование дренажа городских и застраиваемых территорий остается актуальной задачей сегодняшнего дня. В работе [2] были предложены основные принципы гидрогеологической схематизации дренажа городских и застраиваемых территорий, расчета систем вертикального дренажа и основные различия гидрогеологической схематизации в зависимости от особенностей гидрогеологических условий.

Основной причиной развития подтопления городских и застраиваемых территорий является нарушение режима подземных вод, сформированного в процессе освоения и орошения целинных земель. Как известно, геофильтрационная схематизация является важнейшим этапом обоснования исходной математической модели и отражает переход от гидрогеологической схематизации к расчетной схеме, которая в свою очередь представляет собой качественную и количественную основу для составления геофильтрационной модели

Геофильтрационная схема расчета (моделирования) дренажа городских и застраиваемых территорий должна отражать:

- геологическую структуру, геолого-геоморфологические условия, литолого-фациальный состав пород зоны аэрации и водоносных комплексов до регионального водоупора;
- гидрогеологические условия, особенности формирования режима и баланса подземных вод, взаимосвязь водоносных комплексов (гидродинамику процесса); т.е. факторы, определяющие направленность гидрогеологического процесса;
- основные источники формирования процессов подтопления, гидрогеологические параметры, граничные условия, режим эксплуатации дренажных и водозаборных сооружений и т.д.

На основе этих показателей осуществляется специальное крупномасштабное гидрогеолого-мелиоративное районирование, разработанное для расчета дренажа городских территорий. Дальнейшим этапом составления гидрогеологической модели является подготовка расчетной схемы для реализации на АВМ и ЭВМ.

Разработанный принцип геофильтрационной схематизации, создания гидрогеологической и математической модели апробирован при расчете вертикального дренажа г.Бахт, расположенного в северо-восточной части Голодной степи. Основными источниками питания грунтовых вод Голодностепского водоносного комплекса ($Q_{III\text{г}1}$) в пределах города и прилегающих территорий являются потери из ирригационной, коллекторно-дренажной сетей, подземный приток с орошаемых площадей, инфильтрация поливных вод. В формировании подземных вод нижележащего субнапорного водоносного горизонта, кроме того, принимают участие процессы перетекания напорных вод ташкентского комплекса ($Q_{II\text{т}5}$) через разделяющий слой. Мощность покровных суглинков в пределах города составляет 10-15 м, $K_{\text{ф}} = 0,23$ м/сут. Мощность субнапорного водоносного комплекса средне-крупнозернистых песков с включением гравия и гальки - 30-40 м, водопроницаемость по данным ОФР - 350-600 м²/сут. в пределах города и 200-600 м²/сут на площади модели. Мощность разделяющего слоя от 12 м (западная часть) до 3 м (восточная часть) при $K_{\text{ф}} = 0,02$ м/сут.

Глубина залегания уровня грунтовых вод на основной площади достигает 1 м, местами до 2 м, амплитуда колебания УГВ - 1 м. Уровень напорных вод $Q_{II\text{т}5}$ выше УГВ на 1,0-1,5 м, что обуславливает интенсивное развитие процессов перетекания субнапорных вод. Для учета влияния эксплуатации проектируемого дренажа на интенсивность процесса перетекания напорных вод $Q_{II\text{т}5}$ в водоносный горизонт $Q_{III\text{г}1}$ через разделяющий слой реализована на АВМ построенная по данным детальной разведки трехслойная профильная модель (рис. 1).

Оценка влияния эксплуатации проектируемых скважин дренажа производилась на различных заданных глубинах осушения от 1-5 м. График результатов определения доказывает, что функциональная зависимость перетекания Q_{II} с понижением S (нормой осушения) близка к линейной. Учитывая это

положение при реализации плановой модели для расчетов дренажа города нижняя граница в разрезе принята как граница III рода $Q = f(h)$ с новлением на подошве разделяющего слоя напоров, соответствующих их пределению в ташкентском водоносном комплексе.

Внешние границы модели в плане приняты в соответствии с необходимостью учета влияния гидродинамической системы (сельхозземли), окружающей город, на эксплуатацию проектируемого дренажа и наоборот. Для этого ходе решения эпитгнозных (обратных) задач производилась оценка влияния выбранных граничных условий в плане на режим и баланс подземных вод. Внешними границами модели в плане выбраны ирригационные каналы М-Ю Малек и КМК границы I рода $h = f(t)$, т.е. $h_{max} = const$.

Характерной особенностью г.Бахта и одним из основных факторов развития процессов подтопления является наличие внутри города двух крупных открытых коллекторов ВЖД-I и Шарузьяк. Гидрогеологическая связь между ними может быть приведена к классической схеме междуречного бассейна. Эти коллекторы реализованы на модели как границы III рода (см. рис. Расчет модели, реализация граничных условий, учет несовершенства водотоков, перетекания, инфильтрации и испарения, а также задание скважин производилось по известной методике (Шестаков В.М., Гавич И.К., Мирненко В.А.) [I].

При решении прогнозной (прямой) задачи, в отличие от общепринятой схемы, границы I рода были реализованы как границы III рода. Решалась прямая задача в трех вариантах.

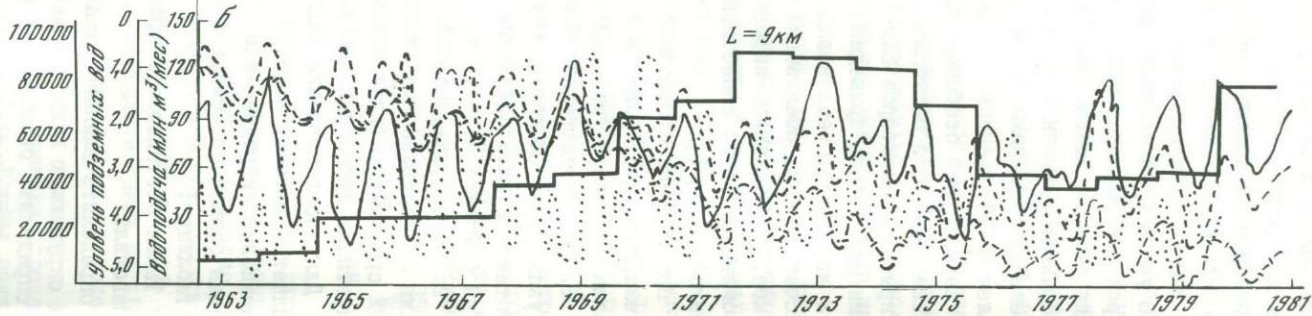
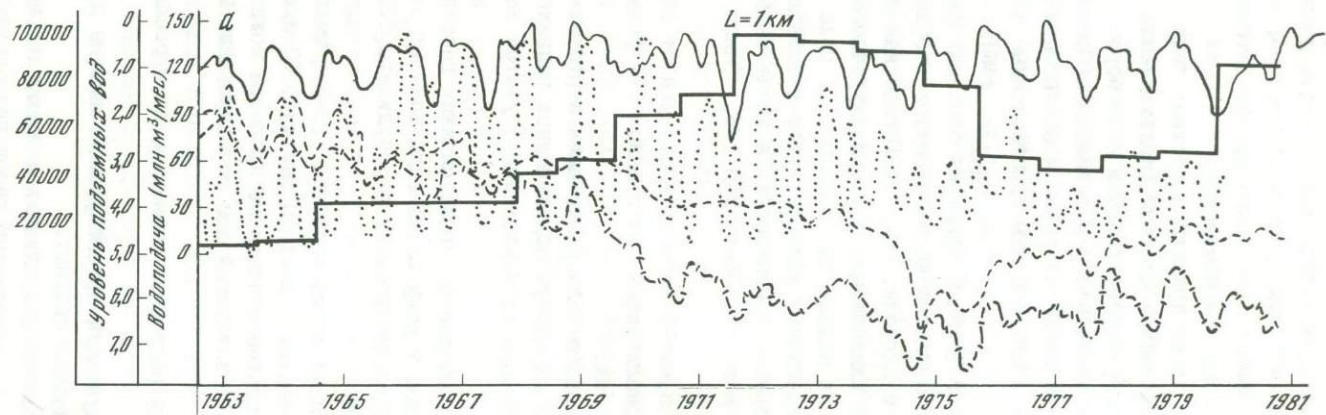
1. Для определения суммарного расхода скважин вертикального дренажа в узлы блока (моделирующего скважину) подключались напряжения ($U_M = U_T$) соответствующие понижению уровня подземных вод с учетом заданной глубины осушения 2,5-3,0 м.

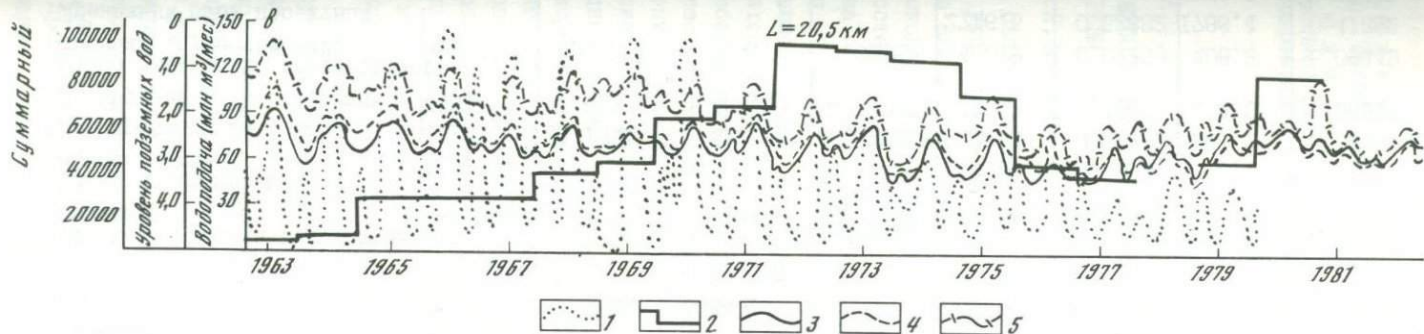
2. Выбор рациональной схемы расположения скважин вертикального дренажа осуществлен подключением к узлу блока силы тока (I_3), соответствующей среднему расходу скважины, полученных в результате ОФР и опыта эксплуатации дренажных скважин.

Для удовлетворения заданной нормы осушения 2,5-3,5 м достаточным является эксплуатация 17 скважин с средним расходом 27 л/с. О характере изменения гидродинамики гидрогеологического процесса можно судить с помощью баланса подземных вод, полученный при моделировании и приведен в таблице I.

Такая постановка геофильтрационной схематизации и реализации модели позволила:

- определить влияние эксплуатации проектируемой системы дренажа города на окружающую гидродинамическую систему;
- определить оптимальное количество скважин и схему их расположения с учетом наименьшего влияния на окружающую город гидродинамическую систему с заданными параметрами водно-солевого баланса; определить роль внутренних границ (коллекторно-дренажной сети) на эксплуатацию проектируемой системы дренажа.





Р и с. I. Совмещенный график режимобразующих факторов. Удаление наблюдательной скважины от города
 а - I км, б - 9 км, в - 20,5 км; I - водоподача, 2 - суммарный расход дренажа, 3 - уровень грунтовых вод (Q_{III}^a), 4 - уровень субнапорных вод голодностепского комплекса ($Q_{III}^{б-л}$), 5 - уровень субнапорных вод ташкентского комплекса ($Q_{II}^{тв}$)

Баланс подземных вод, составленный по результатам моделирования

Статьи и элементы баланса	Обратная задача		Варианты					
			1		2		3	
			Приход					
Приток с севера	18,8	0,00435	12,6	0,00292	33,3	0,00771	34,3	0,00794
Приток с канала Малек и М-10	190,8	0,04417	447	0,10347	538,8	0,12472	421,8	0,9764
Приток с полей орошения (КВ)	29,1	0,00674	56,5	0,001307	69,7	0,01614	51,5	0,01192
То же (В, КВ)	132,5	0,03067	107,6	0,02491	78,3	0,01816	78,0	0,01806
Фильтрационные потери с ВЖД, ВЖД-1, ВЖД-2, ВЖД-3	175,7	0,04067	766,3	0,17738	1030,8	0,23861	592,5	0,13715
То же Шарузяк	156,8	0,03630	583,7	0,13512	487,6	0,11287	344,3	0,07969
КМК	201,2	0,04657	180,7	0,04176	183,9	0,04257	169,1	0,03914
Инфильтрация	318,2	0,07366	837,9	0,19395	501,6	0,11611	497,1	0,01507
Перетекание	305,7	0,07076	848,8	0,19648	358,8	0,08316	366,2	0,08477
Итого	1528,8	0,35389	3840,8	0,88907	3202,8	0,75999	2559,7	0,59252
			Расход					
Отток за пределы территории на север	41,8	0,00968	25,3	0,00586	16,1	0,00373	21,3	0,00494
То же по остальным направлениям	111,9	0,02590	55,1	0,01275	71,1	0,01646	78,5	0,01817
Дренаживание ГВ в ВЖД	331,9	0,07683	312,2	0,072226	226,2	0,05232	261,7	0,06058
Дренаживание ГВ в Шарузяк	498,4	0,11329	462,3	0,10701	133,2	0,4062	254,0	0,05879
Отбор скважинами вертикального дренажа (существующий)	394,1	0,09123	404,1	0,09354	400,9	0,09280	408,2	0,09449
Дренажный сток проектный					2716,5	0,62882	1786,4	0,41352
Итого	1369,1	0,3192	3743,2	0,86648	3564	0,82500	2810,1	0,65049
Количество проектных скважин			27		23		17	

1. Лукнер Л., Шестаков В.М. Моделирование геофильтрации М.: Недра, 1976. 407 с.
2. Тахиров Н.Т., Юнусходжиев А.Т. Принципы геофильтрационной схематизации при расчетах дренажа городских территорий // Современные методы в гидрогеологии. Ташкент, 1982. С.30-36.

УДК 624.131 [550.8.528]

ТЕХНОГЕННЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ И ИХ РОЛЬ В ИЗМЕНЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРОДОВ

А.Д. Жигалин

В связи с тенденцией возникновения новых городов и увеличения площади уже существующих, а также соединения отдельных городских поселений в агломерации решение задачи прогнозирования изменения гидрогеологической и инженерно-геологической обстановки в городах приобретает первостепенное значение. Фактически речь идет о прогнозе изменения качества геологической среды, являющейся для городов в целом субстратом а для отдельных сооружений и элементов городского хозяйства еще и вмещающей средой.

Интенсификация освоения новых и уже используемых территорий ведет к несбалансированной нагрузке на геологическую среду, к возрастанию физического, химического и биологического ее загрязнения, к увеличению степени пораженности территорий негативными геологическими процессам

Осваивая новые районы, проектируя новые города и промышленные центры одновременно "проектируем" и новый импульс техногенного воздействия на геологическую среду. При этом с возрастанием промышленного и энергетического потенциала неуклонно увеличивается и интенсивность физического воздействия на природную среду.

Понятие "техногенное физическое воздействие" уже достаточно широко используется, и влияние искусственно создаваемых физических полей, таких, как статическое поле, динамическое поле (вибрация или механическое колебание частиц грунта), температурное поле и т.п., учитывается, но к сожалению не везде и не всегда, наряду с другими воздействующими факторами при анализе и прогнозировании изменений геологической среды в городах.

Геологическая среда в пределах урбанизированных территорий характеризуется целым рядом особенностей, к числу которых относится наличие искусственных грунтов, значительная закрытость поверхности земли твердым покрытием, строениями, большое количество рассредоточенных объектов, играющих роль источников воздействия на среду. Это дополняется сложным комплексом естественных и искусственно вызываемых процессов, происходящих в пределах грунтовой толщи, представляющей собой основание и вмещающее пространство современного города.

Техногенное физическое воздействие, являющееся причиной физического загрязнения геологической среды в городах, в настоящее время наименее изученного среди других видов загрязнений (например, химического и биологического), представляет собой опосредствованное через искусственные физические поля влияние человеческой деятельности на геологическую среду в целом или на отдельные ее компоненты. Воздействие реализуется на энергетическом уровне. При этом воздействующие физические поля представляют собой не нечто обособленное, а совокупность естественных и наложенных на них искусственных полей. Искусственные поля и определяют наличие и уровень так называемого "техногенного физического загрязнения"—неблагоприятного для человека, его жизни и деятельности изменения физического состояния геологической среды за счет поступления в нее избыточного дополнительного количества энергии [3].

Необратимые изменения, обусловленные техногенным физическим загрязнением, могут приводить к существенным отклонениям в инженерно-геологической обстановке от нормальных условий. В такой ситуации сохранение качества геологической среды представляет собой одну из весьма важных задач в общей проблеме рационального ее использования.

Выяснение условий, приводящих к изменению инженерно-геологической обстановки в городах в результате техногенного физического воздействия, а также изучение характера самих изменений имеют большое значение с точки зрения прогнозирования наиболее вероятных значений параметров геологической среды в пределах городов и городских агломераций при оценке перспективы их развития. В этой связи существенными представляются исследования, направленные на изучение роли техногенных физических полей в изменении геологической среды на территории городов.

Источниками техногенного физического загрязнения являются находящиеся в пределах территории городов и жизненно необходимые для его нормального функционирования промышленные и бытовые предприятия, системы энергоснабжения и коммунального хозяйства, коммуникации, транспорт и т.п. Попытка инвентаризации объектов-источников техногенного физического воздействия, находящихся в пределах городской территории, показала, что их насчитывается несколько десятков видов. Характеристики некоторых из наиболее часто встречающихся и существенным образом влияющих на возникновение техногенного физического загрязнения источников с указанием вида воздействия приведены в таблице I. Эти характеристики показывают, что диапазон физического воздействия на геологическую среду достаточно широк, а разнообразие последствий такого воздействия заставляет обратить на него самое пристальное внимание.

Тепловое воздействие промышленных и коммунальных предприятий, сетей теплоснабжения и коммуникаций, отапливаемых подземных сооружений и других объектов при относительно равномерном их распределении на территории города приводит к образованию так называемых тепловых куполов с проникновением зоны прогрета грунта и подземных вод на глубину до 60—100 м. Это является следствием выделения в геологическую среду боль-

Источники и виды техногенного физического воздействия на геологическую среду

Виды и источники воздействия	Характеристика источника	Возможные последствия воздействия
Тепловое воздействие	Температура на границе реакторной зоны °С	
Подземные газоходы промышленных предприятий	140-160	Нагревание горных пород и содержащейся в них воды;
Теплотрассы	50-150	изменение физических
Доменные и мартеновские печи	100-120	свойств грунтов; повышение агрессивности подземных вод; ухудшение коррозионной обстановки; кратко-
Коллекторы и кабельные туннели	35-45	временное или длительное промерзание грунтов
Подземные сооружения, метрополитен	18-18	
Промораживание грунта при строительстве	минус 10-26	
Подземные хранилища сжиженного газа	минус 160	
Статическое воздействие	Давление на грунт, 10^5 Па	
Жилые многоэтажные здания	до 5	Уплотнение грунтов и уменьшение их влажности; деформация грунтов в пределах активной зоны
Промышленные объекты	0,1-20	
Динамическое воздействие	Колебания грунта вблизи источника, уровень виброскорости, дБ	
Рельсовый транспорт	90-130	Нерановмерное уплотнение
Строительные площадки	50-90	грунтов; нарушение твердого
Промышленные предприятия	60-80	покрытия магистралей; подвижки грунтов на склонах
Магистралы с интенсивным движением транспорта	60-65	и откосах; разжижение водонасыщенных грунтов

Виды и источники воздействия	Характеристика источника	Возможные последствия воздействия
Электрическое воздействие Станции катодной защиты Трамвай Электрифицированная железная дорога	Напряженность электрического поля, мВ/м 1600 500	Увеличение скорости электрохимической коррозии металлических элементов инженерных сооружений

шого количества тепла, достигающего величины 10^5-10^9 Дж/м² ежегодно.

Функционирование отдельных объектов-источников тепловыделения или теплопоглощения приводит к формированию устойчивых зон прогрева или охлаждения грунтов в окрестностях этих источников.

Теоретические расчеты показывают, что источник с температурой на поверхности теплообмена 100°C за 10 лет своего существования только за счет кондуктивной передачи тепла создает вокруг себя в песчано-глинистых грунтах зону повышенной температуры (более 25°C) шириной до 25 м. В случае переноса тепла грунтовыми водами ареал воздействия еще более увеличивается.

При температуре объекта минус 20°C нулевая температура в песчано-глинистых грунтах через 10 лет с момента начала функционирования объекта будет наблюдаться на расстоянии 25 м от его поверхности.

Длительное воздействие источников (или поглотителей) тепла нарушает естественный температурный режим в грунтовой толще, увеличивая (или уменьшая) температуру пород и содержащихся в них подземных вод, что, в свою очередь, изменяет физико-механические свойства пород, общую коррозионную обстановку. Прогрев грунтов до $150-160^{\circ}\text{C}$ не приводит к существенным структурным их изменениям, но ведет к повышению фильтрующей способности, уменьшению липкости, пластичности, влагоемкости. В глинистых грунтах при прогреве до 60°C происходит удаление основной массы воды. Температура коррозионной среды оказывает значительное влияние на скорость коррозии. Так при изменении температуры от 0 до 80°C скорость коррозии стали наиболее употребительных в строительной индустрии марок значительно возрастает. Увеличение температуры грунтов и подземных вод стимулирует деятельность микроорганизмов, что приводит к увеличению биокоррозии. Например, при повышении температуры вмещающей среды до $40-45^{\circ}\text{C}$ некоторые сульфатредуцирующие бактерии активизируют свою жизнедеятельность, резко ухудшая тем самым биокоррозионную обстановку.

Статическое воздействие на геологическую среду оказывают жилые и промышленные постройки, различные инженерные сооружения, отвалы, терриконы, искусственные водоемы и т.п. Статическое воздействие на застроенных территориях определяется прежде всего плотностью застройки. Кроме того, при оценке статического воздействия следует учитывать характер время застройки, поскольку это дает информацию о виде фундамента и о продолжительности воздействия.

Городское и промышленное строительство приводит к созданию дополнительных нагрузок на субстрат города, т.е. на геологическую среду, способствующих уплотнению пород. Уплотнение пород, в свою очередь, сопровождается уменьшением их влажности и пористости и увеличением объемно массы. Удельное давление от веса зданий, сооружений, насыпей и отвалов в современных городах может достигать величины от $0,1 \cdot 10^5$ до $20 \cdot 10^5$ П и более. Массивные сооружения могут создавать своей тяжестью депрессию проседания, замкнутые контуры которых отстоят от периметра сооружения на расстоянии до 50–120 м. Особенно опасны для инженерных сооружений неравномерные осадки вследствие уплотнения горных пород, поскольку они могут приводить к деформации и, как крайний, случай разрушению этих сооружений [1, 2].

Динамическое воздействие на геологическую среду определяется наличием технологических и строительных механизмов и машин, генерирующих в процессе функционирования механические колебания, передающиеся на грунт. Существенными источниками вибрационного воздействия являются транспортные магистрали, составляющие своеобразный каркас современного города по этой причине охватывающие практически всю территорию города. Динамические нагрузки (вибрация) приводят к уплотнению рыхлых и недоуплотненных грунтов (в частности, техногенных и насыпных грунтов, широко распространенных на городских территориях), к разрушению структуры непропорциональных грунтов. Как следствие воздействия динамической нагрузки, здания, расположенные вдоль улиц с интенсивным движением транспорта, могут испытывать осадку в среднем на 3–8 мм больше, чем здания находящиеся в стороне от магистралей. В зонах вибрационного воздействия метрополитена наблюдается дополнительная осадка зданий на 50–200 мм [Длительное воздействие вибрационного поля может приводить к неоднородному по простиранию и глубине захвата уплотнению (или наоборот потере связности) пород различного литологического состава. Это, в свою очередь, может привести к серьезным изменениям структуры грунтовой массы в целом и деформации находящихся на нем или в нем инженерных объектов. Колебания поверхности земли вследствие интенсивного динамического воздействия могут приводить к повреждению дорожного покрытия транспортных магистралей, смещению масс грунта на склонах и откосах выемок или насыпей, деформации строительных конструкций на примыкающих к источнику воздействия участках территории. Нарушение устойчивости горных пород в массиве за счет разрушения внутренних связей может происходить при

колебаниях, скорость смещения частиц грунта при которых превышает $255 \cdot 10^{-6}$ м/с (уровень виброскорости 73 дБ). Как видно из таблицы I, достижение такого уровня колебательных движений на поверхности грунтового массива в городских условиях — дело вполне реальное.

Электрическое воздействие на геологическую среду определяется наличием блуждающих электрических токов, для которых геологическая среда в городах является средой-носителем. Электрическое поле блуждающих токов охватывает практически всю верхнюю часть литосферного пространства в пределах территории крупных городов и агломераций, концентрируясь вблизи линий электрифицированных железных дорог, трамвайных линий и метрополитена, электроустановок высокого напряжения, электромеханизмов, станций противокоррозионной защиты и т.п. Расчеты показывают, что в песчано-глинистых грунтах с малым электрическим сопротивлением (порядка 10 Ом) поле блуждающих токов локализуется в пределах небольшого по площади пространства на расстоянии нескольких метров от источника. В грунтах с низкой электропроводностью (сопротивление $100\text{--}500 \text{ Ом}$) поле блуждающих токов можно наблюдать на расстоянии нескольких километров от источника.

Коррозионная активность геологической среды находится в прямой зависимости от плотности электрических токов, текущих в пределах нескольких верхних метров грунтовой толщи, где как правило располагаются фундаменты зданий и инженерных сооружений, тепло-, газо- и водопроводы, коммуникации. Высокая плотность электрических токов способствует интенсификации электрохимической коррозии, что, в свою очередь, сокращает сроки безаварийной службы указанных выше объектов. Длительное воздействие поля блуждающих токов, в особенности постоянного и непериодического низкочастотного знакопеременного, стимулируя электрокинетические процессы, могут изменить величину удельного электрического сопротивления пород, представляющих основу геологической среды, и тем самым еще более усугубить общую коррозионную обстановку.

При средних по величине значениях удельного электрического сопротивления, наиболее типичных для песчано-глинистых грунтов (40 Ом), достаточно высокая скорость коррозии стали ($0,4\text{--}2,0 \text{ мм/год}$ и более) наблюдается при напряженности электрического поля от $1,2 \text{ мВ/м}$ и выше, что соответствует плотности тока в окрестностях объекта, превышающей $0,3 \cdot 10^{-4} \text{ А/м}^2$. Сопоставление указанных выше цифровых данных с величинами, приводимыми в таблице I, свидетельствует о том, что в реальных ситуациях плотность стекающего с объектов-источников тока в окрестностях этих объектов многократно превышает указанное пороговое значение.

Таким образом, искусственные физические поля и создаваемое ими техногенное физическое загрязнение представляют собой весьма мощный фактор воздействия человека на геологическую среду в пределах территории городов и городских агломераций. Физическое загрязнение геологической среды прослеживается в трех видах взаимодействия, отвечающих различным

этапам передачи сигнала воздействия от объекта-источника через геологическую среду на объект-реципиент.

Первый вид взаимодействия (его можно считать этапом первичного воздействия) представляет собой взаимодействие объектов-источников с геологической средой в целом и отдельными ее компонентами. Второй — отражает взаимодействие отдельных компонентов геологической среды между собой, определяемое наличием физического воздействия и в силу этого характеризуется рядом особенностей. Третий вид взаимодействия — взаимодействие геологической среды или отдельных составляющих ее элементов с инженерными объектами, для которых геологическая среда является основанием или вмещающей средой (этот вид взаимодействия отвечает этап вторичного воздействия частично или полностью измененной геологической среды на объекты-реципиенты).

Прослеживание всех этапов передачи техногенного физического загрязнения от источников к воспринимающим это загрязнение объектам, будь сама геологическая среда или отдельные ее компоненты или инженерные сооружения, находящиеся в геологической среде, позволяет в полной мере оценить роль искусственно создаваемых в процессе человеческой деятельности физических полей в общем изменении инженерно-геологической обстановки в городах. Приходится, однако, констатировать, что несмотря на очевидную необходимость учета фактора физического загрязнения при оценке качества геологической среды, до настоящего времени систематических исследований в этом направлении не предпринималось. В то же время фактические и расчетные данные показывают, что без должного анализа влияния техногенного физического загрязнения на изменение инженерно-геологической обстановки на урбанизированных территориях, без оценки роли искусственных физических полей того или иного вида в формировании качества геологической среды нельзя ни давать прогнозных оценок, ни составлять рабочие схемы рационального использования геологической среды в городах.

Литература

1. Горшков С.П. Экзодинамические процессы освоенных территорий М.: Недра, 1982. 286 с.
2. Котлов Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. М.: Недра, 1978. 263 с.
3. Реймерс Н.Ф., Яблоков А.В. Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы. М.: Наука, 1982. 144 с.

ОБ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАБОТ МЕЖДУВЕДОМСТВЕННОГО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОЛЛЕКТИВА ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЕ ТЕРРИТОРИИ БОЛЬШОГО СОЧИ ОТ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В.И.Клименко

Необходимость деятельности коллектива вытекает из насущной задачи инженерной защиты городской агломерации всесоюзного курортного значения от неблагоприятного воздействия опасных для строительства геологических процессов.

Основные особенности природных условий региона характеризуются гармоничным сочетанием обеспеченности солнечной радиацией и ресурсами минеральных вод и грязей, благоприятным субтропическим климатом, разнообразием форм рельефа и различных типов грунтов (от морских илов до скальных пород), широким развитием различных геологических процессов (землетрясения, оползни, обвалы, сели, карст, подтопление, абразия, эрозия).

Сложное взаимное влияние геологической среды и строительства объективно определяется инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями территории и отдельных ее участков и их изменениями на всех стадиях освоения - от изысканий до эксплуатационного ухода. При этом специфика Большого Сочи состоит в том, что гидроминеральные ресурсы как составная часть геологической среды, включающие ресурсы сульфидных, йодобромных, углекислых вод, представляют собой не только основу дальнейшего строительного освоения, но и неперемное условие существования курорта бальнеологического профиля.

Именно инженерно-геологические и гидрогеологические условия - наличие и пространственное размещение грунтов различных генетических типов, которые можно рассматривать как основание,местилище и материал зданий и сооружений, экзогенных и эндогенных геологических процессов, различных генетических типов подземных вод, - определяют степень пригодности участка для различных видов его строительного освоения, с приоритетом курортного строительства.

На базе комплексного детального изучения и тщательного учета инженерно-геологических условий территории и их возможного изменения при освоении возможно дать обоснованные рекомендации по дальнейшему перспективному строительному освоению Большого Сочи и тем мероприятиям инженерной защиты, которые нейтрализовали бы или свели до минимума неблагоприятное воздействие опасных геологических процессов, усиливающееся в условиях техногенеза.

Возрастающие объемы капитального строительства и реконструкции на территории городской агломерации Большого Сочи и отсутствие площадей, пригодных для строительного освоения с оптимальной инженерной подготовкой, а также необходимость экономии продуктивных земель обуславливает

вовлечение в строительный комплекс участков территории, подверженных воздействию широко развитых опасных геологических процессов - оползневых, подтопления, карстового, абразионного, эрозийного, землетрясений (7-9 баллов). Инженерная подготовка такой территории требует затрат более 300 тыс. рублей на площади в один гектар.

Строительное освоение территории в сложных природных инженерно-геологических условиях ведется без утвержденного генерального плана города, который дорабатывается Гипрогором и не имеет достаточного инженерно-геологического обоснования. Кажущаяся удовлетворительная инженерно-геологическая изученность территории города для целей строительства, за редкими исключениями, характеризуется значительными в количественном отношении материалами многочисленных разновременных изысканий многих местных и центральных проектно-изыскательских организаций, проведенных за все время для отдельных зданий и сооружений.

Как правило, общая характеристика оползневых и оползнеопасных склонов, особенно их устойчивости, с обратными расчетами, оценка опасных по подтопляемости участков не приводятся, а под некоторые здания и сооружения не проводятся инженерно-геологические изыскания или проводятся с недостаточной глубиной. Изыскания не сопровождаются режимными наблюдениями, что исключает получение информации, необходимой для прогнозирования процесса и возможного управления им. Получила распространение практика так называемых специализированных изысканий на локальных участках при которых осуществляется около трети объемов работ, регламентированных соответствующими кондициями.

Инженерно-геологическое обоснование строительства не удовлетворяет условиям его интенсификации, особенно с учетом перспективы дальнейших изысканий в условиях большей их глубины, подтопления загрязненными водами и, в случае изысканий под реконструкцию, - в условиях действующих на площадке изысканий предприятий.

Такая ситуация сдерживает строительство в городе, приводит к ошибкам в проектировании, значительному увеличению стоимости работ по ремонту и эксплуатационному уходу за зданиями и сооружениями, к их деформациям. Последнему способствует отсутствие в городе единой специализированной организации по контролю и надзору за эксплуатацией и уходом за сооружениями и мероприятиями инженерной защиты от опасных геологических процессов. Все это способствует деградации геологической среды городской агломерации и требует ее мелиорации.

Неудовлетворительное состояние использования и охраны геологической среды - в части защиты территорий от оползней - во многом связано с неполным учетом в проектах региональных ее особенностей, механизма и факторов оползнеобразования, требований противооползневой защиты. В отношении подтопления это связано с отсутствием гидрогеологического обоснования предупредительных и защитных мероприятий с учетом динамики его развития. В настоящее время нет также методических раз-

работок, обосновывающих проектирование защитных мероприятий в условиях открытого карста. Разрабатываемый генеральный план строительства Большого Сочи предусматривает эшелонирование городского и сельского гражданского и промышленного строительства от морского побережья в глубь территории, а при освоении этой инженерно-строительной зоны позволит избежать многомиллионных затрат на борьбу с карстовым процессом от отсутствия опережающей инженерно-геологической обеспеченности, как это произошло в прибрежной оползневой зоне.

Таким образом, необходима коренная перестройка дела инженерно-геологического обоснования строительства в регионе. Следует максимально использовать кондиционные материалы предыдущих научно-исследовательских и производственных изыскательских работ и провести научные исследования, опережающие изыскания, для подготовки региональных нормативных и методических документов, пособий, обобщенных показателей для изыскателей и проектировщиков, а также выполнить крупномасштабную комплексную инженерно-геологическую съемку территорий и участков первоочередного и перспективного строительного освоения в масштабах 1:5000, 1:2000.

Режимные наблюдения на стационарах и полигонах должны включать изучение массо- и влагопереноса в зонах насыщения и аэрации, воздействия изменения инженерно-геологических и гидрогеологических условий на инженерные сооружения и на почву угодий.

Кондиционные инженерно-геологические изыскания по специальным программам, с учетом их производства в особо сложных инженерно-геологических условиях (оползни, подтопление, карст, абразия) надо проводить не на ограниченной строительной площадке, а на всем склоне от местного водораздела до местного базиса эрозии. Глубина изысканий должна определяться не наличными средствами и имеющейся у изыскателя буровой техникой, а необходимостью характеристики разреза до устойчивых пород, вплоть до коренного их залегания.

Квалифицированный отбор монолитов и образцов грунтов, проб воды, определение их инженерно-геологических свойств и проведение режимных наблюдений требуют единой для региона методики. Должна войти в практику оценка устойчивости оползневых и оползнеопасных склонов с обратными расчетами.

Создание постоянно действующей комплексной инженерно-геологической модели Большого Сочи способствовало бы разработке обоснованных и достоверных прогнозов развития опасных для строительства геологических процессов в природных условиях, нарушенных техногенным воздействием, а также рекомендаций по управлению развитием процессов.

Вопросами инженерной защиты территории Большого Сочи от опасных геологических процессов занимаются научно-исследовательские организации, производственные организации проводят инженерные изыскания и режимные наблюдения [1-6].

Задача Межведомственного научно-технического коллектива (МНТК) интеграция усилий различных организаций в деле инженерной защиты Большого Сочи от опасных геологических процессов. Предлагаемая в рамках МНТК целенаправленная форма сотрудничества многих научно-исследовательских, проектно-изыскательских и производственных организаций будет способствовать решению общей задачи: научные исследования-изыскания-проектирование-строительство-эксплуатация.

Основной целью работ МНТК является эффективная инженерная защита территории и народнохозяйственных объектов Большого Сочи от опасных геологических процессов в результате проведения оптимального комплекса максимально совмещенных во времени научно-исследовательских и проектно-изыскательских, а также строительно-эксплуатационных работ, и кроме того, охрана геологической среды городской агломерации.

Основные задачи МНТК состоят в получении детальной инженерно-геологической информации, служащей обоснованием: 1) разработки прогрессивных проектных решений по инженерной защите территории, зданий и сооружений от опасных геологических процессов; 2) разработки региональных нормативно-методических документов по проведению инженерно-геологических изысканий в условиях развития оползней, карста, подтопления, единых методических и технических принципов проектно-изыскательских работ и инженерной защиты в регионе; 3) планирования строительства и реконструкции на застроенных и перспективных под застройку территориях со сложными инженерно-геологическими условиями; 4) оптимизации инженерной подготовки территорий, подверженных воздействию опасных геологических процессов; 5) разработки эффективных защитных сооружений и мероприятий координации работ в регионе по инженерно-геологическим и гидрогеологическим научным исследованиям и производственным изысканиям для строительства.

Для достижения поставленной цели и выполнения указанных задач МНТК планирует осуществить ряд тематических, изыскательских, проектных и строительных работ.

Методикой проведения работ предусматривается анализ инженерно-геологических обоснований проектирования противооползневых, берегоукрепительных, противокарстовых сооружений и мероприятий на осваиваемых селитебных территориях-аналогах, комплексного инженерно-геологического анализа применения схем инженерной защиты от опасных геологических процессов в сходных природных и геологических условиях.

Полевые работы на оползневых, оползнеопасных, закарстованных и подтопляемых подземными водами участках территории должны включать рекогносцировочные маршрутные обследования; инженерно-геологическую площадную оползневую и спелеологическую съемки; разведочное бурение инженерно-геологических скважин с отбором монолитов грунтов, проб воды, отфильтрованными работами и режимными наблюдениями; гидрологическими наблюдениями, геофизическими исследованиями; лабораторными работами - опреде-

ление инженерно-геологических и фильтрационных свойств грунтов, анализ природных вод оползневых склонов, карстовых массивов и подтопляемых участков территории.

Разработка комплексов количественных инженерно-геологических показателей проявления оползневого, карстового процессов и подтопления даст возможность на количественном уровне составить методики инженерно-геологического и гидрогеологического обоснования проектирования комплексной противооползневой, противокарстовой, противофильтрационной и берегозащиты.

Инженерно-геологические изыскания для строительства сооружений инженерной защиты от опасных геологических процессов должны сопровождаться крупномасштабными (1:5000-1:2000) комплексным инженерно-геологическим картированием территорий первоочередного и перспективного строительства, проведением режимных наблюдений на стационарах и полигонах.

Проектирование, строительство и реконструкцию комплексов противооползневых, противофильтрационных и берегоукрепительных (морских и речных) мероприятий следует осуществлять в соответствии со степенью инженерно-геологической сложности и неоднородности геологической среды.

Работы должны завершаться рекомендациями по комплексной инженерно-геологической оценке застроенных территорий и территорий перспективного строительства и сельскохозяйственного освоения Большого Сочи и генеральной схемой инженерной защиты Черноморского побережья РСФСР в пределах Большого Сочи, схемами инженерной защиты территорий, подлежащих освоению и реконструкции.

Инженерно-геологическое обоснование инженерной защиты подверженных воздействию опасных геологических процессов участков территории городской агломерации непосредственно направлено на повышение эффективности и качества изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений. Оно позволит оптимизировать выбор вариантов инженерной защиты, повысить эффективность и качество комплексных инженерно-геологических исследований. В результате повысится эффективность освоения пораженных опасными геологическими процессами территорий и появится возможность дальнейшего инженерно-геологического обоснования мероприятий по комплексному рациональному использованию, охране, защите и мелиорации геологической среды.

Литература

1. Дублянский В.Н., Клименко В.И., Прокофьев С.С. Изучение карстовых полостей и подземных вод карстовых массивов Западного Кавказа. Сочи, 1980. 114 с.
2. Дублянский В.Н., Клименко В.И., Вахрушев Б.А. и др. Карст и подземные воды Западного Кавказа. Л.: Наука, 1985. 152 с.
3. Клименко В.И., Безруков В.Ф. Количественная оценка сложности инженерно-геологических условий Черноморского побережья Кавказа. Сочи, 1978. 88 с.

4. Клименко В.И., Дублянский В.Н., Шулик Н.В. Рекомендации по проведению инженерно-геологических изысканий карстовых областей Черноморского побережья СССР. М.: Стройиздат, 1986. 64 с.
5. Раева М.К., Тихвинский И.О., Самохвалова М.П. и др. Инженерно-геологический анализ применения противооползневых мероприятий на Черноморском побережье Крыма и Кавказа. М.: Стройиздат, 1976. 234 с.
6. ВСН 183=74. Технические указания по проектированию морских берегозащитных сооружений. М., 1975. 118 с.

УДК 624.131

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗА ИЗМЕНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ

И.О.Тихвинский

Оценка возможности нарушения устойчивости склонов в результате возникновения или развития оползневых явлений базируется на прогнозе изменения трех основных характеристик геологической среды - рельефа, гидрогеологических условий и физико-механических свойств пород.

Рельеф склона изменяется под воздействием следующих природных факторов - речной и овражной эрозии, абразии (на берегах морей, озер и водохранилищ), оползания, а также при совместном действии выветривания и делювиального сноса. В настоящее время на изменение рельефа, в возрастающей степени оказывает влияние также и вмешательство человека, выражающееся в искусственной подрезке склонов (устройство различных выемок) и создании насыпей.

Прогноз результатов действия эрозии (речной и овражной) и абразионного размыва (на берегах морей и озер) предпочтительнее выполнять на основе длительных натуральных наблюдений за развитием этих процессов. Для оценки абразионного размыва берегов водохранилищ разработан ряд способов: методы Г.С.Золотарева, Е.Г.Качугина, Н.Е.Кондратьева, метод обобщенных переменных и другие [1,3,4]. Сложнее обстоит дело с прогнозом изменения рельефа при оползании, связанном с влиянием факторов, в том числе с эрозионной и абразионной подрезкой склонов. В данном случае прогноз оползания следует выполнять поэтапно. Для каждого этапа сначала определяется величина абразионного размыва и соответствующий этому размыву профиль абразионного уступа, затем применительно к положению этого профиля производится расчет устойчивости абразионного уступа и всего берегового склона. Если при этом выяснится, что уступ или весь склон окажутся неустойчивыми, серией дополнительных расчетов устойчивости находится протяженность оползающего массива и величина его смещения до положения, при котором вновь будет достигнуто равновесие удерживающих и сдвигающих сил по поверхности скольжения.

Оползание иногда происходит и по истечении значительного срока после прекращения эрозионной и абразионной подрезки. Например, в Молдавии наблюдались смещения крупных блоковых оползней, надвигавшихся

ся на широкую, давно сформировавшуюся пойменную террасу (пос. Быковец, 1967; с. Клишево, 1985 г.). Еще большую "живучесть" проявляют вязко-пластические оползни, причем их движение может вызвать нарушение устойчивости крутых уступов рельефа, примыкающих к верхнему краю таких оползней.

Развитие выветривания приводит к постепенному уменьшению крутизны обнаженных уступов с последующим образованием на них дернового покрова. Однако на крутых осыпных уступах может оказаться, что скорость образования осыпающегося материала оказывается равной скорости его сноса. В таком случае происходит постепенное отступление уступа с сохранением формы его профиля, причем скорость указанного отступления равняется скорости развития выветривания. Так, на волжском склоне у северной окраины Ульяновска обнаженный приборочный уступ, сложенный глинами альбского яруса, в течение ряда лет перемещался под совместным воздействием выветривания и сноса со скоростью 0,28 м/год.

Изменения гидрогеологических условий выражаются в основном в подъеме уровня грунтовых вод (вследствие изменения водного баланса на застроенных или осваиваемых в сельскохозяйственных целях территориях, а также из-за подпора при создании водохранилищ), а нередко также и в возрастании фильтрационного градиента в местах разгрузки водоносных горизонтов. Прогноз изменения уровня может выполняться согласно имеющимся методическим предложениям [6,8].

Возрастание фильтрационного (гидродинамического) градиента, которое может вызывать развитие суффозии и в отдельных случаях приводить к образованию суффозионных оползней, наблюдается в приурезовых зонах водохранилищ при периодических спадах уровней воды, а также при экранировании разгрузки подземных вод. Такое экранирование вызывается как природными, так и антропогенными факторами. В природных условиях экранирование может обуславливаться наличием слоя сезонного промерзания в месте разгрузки водоносного горизонта. Подобная ситуация отмечалась в январе 1983 г. на берегу реки Тобол в г. Кургане, где при наличии усиленной инфильтрации вод вследствие обильных утечек из трубопровода образовался суффозионный оползень объемом 24 тыс. м³, разрушивший берег в зоне шириной до 50 м на расстоянии до 70 м от уреза реки [9].

Антропогенное экранирование происходит в результате создания искусственных экранов в виде свалок мусора и плохо фильтрующего грунта, отсыпаемых на склонах в зонах высачивания подземных вод. Создание свалки на склоне одного из отвершков Соловьева оврага в г. Ульяновске привело весной 1965 г. к появлению суффозионного оползня объемом 12 тыс. м³, создавшего новый отвершек шириной до 30 м, длиной 60 м в борту "исходного" отвершка.

Из физико-механических свойств пород при оценке устойчивости склонов наибольшее значение имеет прочность на сдвиг. Изменение этой прочности в подавляющем большинстве случаев происходит из-за изменения влажности и вследствие выветривания. Как известно, величина прочности на сдвиг

уменьшается с возрастанием влажности пород, поэтому при оценке устойчивости склонов особое внимание следует уделять периодам максимальной (периоды увлажнения) грунтового массива в соответствии с выявленными по натурным наблюдениям закономерностями сезонных колебаний влажности и рассмотренным выше прогнозом уровня подземных вод.

В отношении зоны капиллярного поднятия необходимо иметь в виду, что в ее пределах практически повсеместно породы находятся в максимально водонасыщенном состоянии. Высота капиллярного поднятия в зависимости от литологического состава однородных пород приведена в ряде публикаций, в том числе в выпущенной под редакцией акад. Е.М.Сергеева монографии [2].

При слоистом строении массива пород при субгоризонтальном залегании слоев в общем случае величина капиллярного поднятия может вычисляться по соотношению

$$h_B^{\text{кап}} = H_B^{\text{кап}} - \sum_i M_i \frac{H_B^{\text{кап}}}{H_i^{\text{кап}}}, \quad (I)$$

где $h_B^{\text{кап}}$ — максимальная высота капиллярного поднятия относительно подошвы верхнего слоя, м; $H_B^{\text{кап}}$ — максимальная высота капиллярного поднятия для пород, образующих верхний слой, м; M_i — мощность каждого i -го слоя, залегающего между подошвой верхнего слоя и поверхностью обводненной зоны (водоносного горизонта), м; $H_i^{\text{кап}}$ — максимальная высота капиллярного поднятия для пород i -го слоя, м.

Расчет по формуле (I) считается законченным при условии $M_B \geq h_B^{\text{кап}}$, где M_B — мощность слоя, заданного (принятого) в расчете верхним. Если в соответствии с формулой (I) величина $h_B^{\text{кап}}$ оказывается отрицательной, это означает, что зона капиллярного поднятия находится ниже слоя, заданного верхним. Соответственно, получение согласно этой формуле соотношения $h_B^{\text{кап}} > M_B$ говорит о том, что верхний край зоны капиллярного поднятия располагается выше слоя, принятого в расчете верхним.

При относительно однородном чередовании тонких слоев различного литологического состава максимальная высота капиллярного поднятия выражается формулой

$$H_{\text{пр}}^{\text{кап}} = \sum_{i=1}^n H_i^{\text{кап}} \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (2)$$

где $H_{\text{пр}}^{\text{кап}}$ — приведенная величина максимального капиллярного поднятия с учетом слоистого строения толщи, м; $H_i^{\text{кап}}$, m_i — соответственно максимальная высота капиллярного поднятия и средняя мощность слоев каждой i -й литологической разности, составляющей толщу пород, м; n — общее число литологических разностей в рассматриваемой толще пород.

Прогноз прочности пород на сдвиг в связи с изменениями влажности целесообразно осуществлять следующим образом. По результатам лабораторных опытов для каждой из стратиграфо-литологических разностей, слагающих рассматриваемый склон, находится зависимость характеристик их

сопротивления сдвигу (сцепления и угла внутреннего трения, а для грунтов, подверженных ползучести, — величин порога ползучести при разных нормальных нагрузках на плоскость сдвига) от влажности пород. Затем согласно предшествующему прогнозу влажности для разных точек массива склона с учетом лабораторных данных строится поле прочности пород на сдвиг для рассматриваемого сечения склона.

При прогнозе устойчивости склонов важным является учет так называемого "техногенного выветривания", связанного со вскрытием подверженных выветриванию пород при планировке рельефа и устройстве различных выемок. Интенсивность такого выветривания наибольшая в первый год после искусственного обнажения породы на дневной поверхности, затем она постепенно уменьшается. Согласно предложениям Ю.Д.Матвеева [5] величину мощности коры техногенного выветривания можно аппроксимировать формулой

$$m_t = v_0 \sqrt{t}, \quad (3)$$

где m_t — мощность коры выветривания, образующейся за период продолжительностью t , м; v_0 — начальная скорость выветривания (т.е. скорость выветривания за первый год после вскрытия породы), м/год; t — продолжительность срока после вскрытия породы, годы. Начальные скорости выветривания для ряда комплексов пород приведены в работах Ю.Д.Матвеева и Л.А.Молокова [5,6].

Формула (3) получена Ю.Д.Матвеевым по экспериментальным данным, относящимся к систематическим натурным наблюдениям продолжительностью около 40 лет. Представляется допустимым считать эту формулу правомерной и для периодов продолжительностью до 70–100 лет, что является вполне достаточным для решения практических задач по оценке устойчивости.

По формуле (3) легко осуществить прогноз положения зоны выветривания на разные заданные сроки и затем, согласно результатам испытаний сопротивления сдвигу для выветрелых пород, прогнозировать ход изменений поля прочности на сдвиг для массивов, слагающих обнаженные уступы.

Последовательное прогнозирование изменений рельефа, уровня подземных вод, величин фильтрационных градиентов, влажности горных пород и их прочности на сдвиг, выполненное описанными выше способами, позволяет комплексно оценить те изменения геологической среды, которые необходимо учитывать в качестве исходных данных для прогноза устойчивости склонов.

Литература

1. Воскобойников В.М., Лиходедова О.Г. Изучение и прогнозирование геологических процессов на основе метода обобщенных переменных (на примере переработки берегов водохранилищ) // Инж. геология. 1984. № 1. С.23–36.
2. Грунтоведение / Под ред. Е.М.Сергеева. М.: Изд-во МГУ, 1983. 392 с.
3. Золотарев Г.С., Калинин Э.В., Минервин А.В. Учебное пособие по инженерной геологии. М.: Изд-во МГУ, 1970. 384 с.

4. Кондратьев Н.Е., Григорьева О.Г. Прогноз береговых деформаций на водохранилищах // Рекомендации по размещению и проектированию рассеивающих выпусков сточных вод. М.: Стройиздат, 1981. С.64-72, 192-215.
5. Матвеев Ю.Д. Динамика выветривания осадочных пород. М.: Наука, 1972. 87 с.
6. Методические рекомендации по расчету подпора грунтовых вод, подтопления земель и потерь воды на фильтрацию в районах каналов и водохранилищ. М.: ВОДГЕО, 1980. 44 с.
7. Молоков Л.А. Инженерно-геологические процессы. М.: Недра, 1985. 206 с.
8. Рекомендации по прогнозу подтопления промышленных площадок грунтовыми водами. М.: ВОДГЕО, 1976. 324 с.
9. Тихвинский И.О., Кривин М.И. Условия формирования суффозионных оползней в лессовидных породах // Инженерно-геологические исследования для строительства. М.: Наука, 1985. С.73-78.

УДК 624.131

СОСТОЯНИЕ, ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРОГНОЗ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА

В.В.Контцель, М.Н.Паречкая, Н.Л.Шешеня

На территориях городов и городских агломераций сконцентрированы основные процессы техногенеза. Одним из следствий интенсивного воздействия человека на геологическую среду городов является возникновение отдельных крупных оползней или их массовая активизация на значительной площади. Особенно большой ущерб оползни наносят городам, расположенным в пределах горно-складчатых областей. Известны случаи полного или почти полного уничтожения городов катастрофическими оползнями (Перуанские Анды, Тянь-Шань). Активно развиваются оползни в городах на морских и океанических побережьях, а также на берегах рек, озер и крупных водохранилищ. Еще в XVI в. оползнями почти полностью уничтожен г.Васильсурск на правом берегу реки Волги. Оползни наносят существенный ущерб таким крупным волжским городам, как Горький, Чебоксары, Казань, Ульяновск, Вольск, Саратов, Волгоград. Оползневые процессы широко распространены на территории городов с относительно небольшим эрозионным расчленением (Москва, Полтава, Калуга, Кашира и др.). Оползни возникают во многих городах Японии, КНР, Италии, Франции и многих других стран мира.

В нашей стране осуществлены крупные комплексы противооползневых мероприятий в Москве, Киеве, Одессе, Горьком, Ульяновске, Большом Соочи, Ялте и ряде других городов. Несмотря на достигнутые успехи в области изучения и прогнозирования оползневых смещений, преждевременно считать, что оползневая проблема для территорий городов и городских агломераций окончательно разрешена.

По мере развития городского строительства, особенно в пределах территорий с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями

(в районах повышенной сейсмо-тектонической активности или потенциальной высокой активности экзогенных геологических процессов), борьба с оползнями усложняется и часто входит в число главных практических задач градостроительства.

Современные технические средства производства работ вызывают значительные изменения геологической среды городов за счет перемещения больших объемов земляных масс, образования полостей и разуплотненных участков в литосферном пространстве, резких колебаний уровней, температуры, химического состава поверхностных и подземных вод, изменений инженерно-геологических свойств массивов горных пород. Эти и другие техногенные изменения среды нередко способствуют снижению устойчивости склонов городских территорий и усилению интенсивности развития оползневой оползневой процесса. В большинстве случаев возникновение и развитие оползней на городских территориях связано с воздействием техногенных факторов, роль которых в активизации оползней прогрессирующе возрастает. В связи с этим необходимость слежения за режимом развития оползней в городах, их прогноза и управления стала важной проблемой инженерной геологии градостроительства. Она может быть успешно решена в рамках осуществления программы литомониторинга СССР. Одним из ее компонентов является мониторинг экзогенных геологических процессов, в том числе и оползневой, который включает подсистемы слежения, контроля, прогноза и управления.

При оценке городских территорий следует говорить о региональном и локальном уровнях изучения и прогнозирования оползней. В задачу регионального уровня литомониторинга входят оценка возможности возникновения оползней в пределах всей территории города или в отдельных частях его и предсказание места, масштаба, периодов массовой их активизации. В задачу локального - установление возможности возникновения новых оползней; оценка хода развития процесса в пределах отдельных стадий и фаз полного оползневой цикла; определение диапазона скоростей смещения всего оползня и отдельных его частей; определение возможности и времени основного смещения в заданные практикой интервалы времени; прогноз характера и степени ожидаемого воздействия оползней на различные объекты народного хозяйства; оценка возможного ущерба от оползней городским территориям, риска нахождения на них людей, правильности выбора и осуществления мероприятий инженерной защиты.

Подсистема слежения предусматривает проведение подготовительного этапа, в процессе которого собирается и систематизируется информация о природных условиях исследуемой территории и тех воздействиях на нее техногенных факторов, которые могут активизировать развитие оползневой процесса или вызвать формирование оползней на участках, где в природных условиях они не образуются. Таким образом, выявляются важные для изучения оползней характеристики, принимаемые в качестве исходной информации для прогноза.

Для разных стадий исследования строятся крупномасштабные карты инженерно-геологического районирования территории по ее предрасположенности к оползневому процессу. На основе этих карт выбираются типичные для территории города наблюдательные участки, оценивается степень оползневой опасности. Под оползневой опасностью понимается вероятность проявления оползневых деформаций, наносящих экологический, моральный или экономический ущерб городу. Детально изучается структура массивов пород, устанавливается тип оползней по механизму смещения и особенности деформационного поведения пород, в первую очередь основных деформирующихся горизонтов (или иных зон ослабления) — очагов зарождения оползневого процесса. Производится уточнение, а для новых территорий — постановка сети стационарных наблюдений.

Основной этап слежения за развитием оползней на региональном уровне осуществляется для всей городской территории, а более детально — для отдельных представительных участков в пределах крупных морфоструктур или распространения исследуемого основного деформирующегося горизонта. На этом уровне изучение режима оползней наиболее эффективно осуществляется на основе многократного дешифрирования аэро-космо-фото-теодолитных снимков различных масштабов в сочетании с аэровизуальными наземными обследованиями. Для городских территорий применение полного комплекса таких исследований не всегда возможно, что затрудняет составление надежных региональных прогнозов оползней. С использованием методов стереофотограмметрии измеряются площади оползней, выявляются и наносятся на карту крупные разрывные нарушения, стенки отрыва оползней и их накопления, выходы подземных вод на поверхность склонов, участки с деформациями зданий и сооружений, отдельные элементы инженерной защиты и т.п. Результаты обобщаются на картах оползневой активности для различных периодов времени, а также в виде временных рядов наблюдений за режимом оползней и факторами, их определяющими, для всей территории в целом и отдельных ее участков.

Изучение локального режима оползней ведётся на типовых опорных участках. Исследования проводятся комплексно и увязываются с данными Госкомгидромета и наблюдениями за режимом подземных вод на тех же участках. Основные виды исследований оползней здесь сводятся к следующему

1. Инструментальные измерения величин и скоростей оползневых смещений. Они производятся геодезическим, стереофотограмметрическим, лазерным или другими высокоточными методами по системе грунтовых реперов, установленных в определенных створах в различных частях оползневого склона. Смещения в массивах горных пород регистрируются с помощью глубинных реперов различных конструкций, включая тензометрические тросовые, электрические, магнито-герконовые. Наблюдения за деформациями зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния оползня, производятся по деформограммам, маркам и ственным реперам. По данным измерений строятся карты векторов смещений, графики смещения отдельных реп

ров и их групп, на которых выделяются зоны различного характера деформаций, рассчитываются эпюры глубинных деформаций.

2. Изучение пространственно-временных изменений свойств пород оползневых массивов ведется полевыми и лабораторными методами. Из полевых методов изучения режима влажности и плотности пород наиболее эффективны радиоизотопные методы. В последние годы для изучения свойств пород и их режима применяются сейсмометрия, электрометрия, измерение естественного импульсного электромагнитного поля Земли, гравиметрия и некоторые другие методы. Большое значение для прогнозов оползней имеет изучение реологических свойств пород, а в некоторых случаях — физическое моделирование.

3. Изучение напряженно-деформированного состояния оползневых массивов методами трещинно-морфологической съемки оползневого участка; измерение с помощью датчиков грунтового и порового давления и системы "ступенчатых" реперов; эманационная, микромагнитная съемка, профильная гравиразведка, круговое вертикальное электрическое зондирование, многоазимутальное сейсмическое измерение продольных и поперечных волн и другие методы. Некоторые из указанных методов исследований в условиях города оказываются не всегда эффективными. Для сложных условий размещения ответственных сооружений или крупных по объему оползней, результаты исследований указанными методами целесообразно увязывать с результатами физического моделирования. Итогом этих исследований является установление закономерностей изменения напряженно-деформированного состояния массива пород, границ зон растяжения и сжатия, оценка влияния изучаемых факторов состояния массивов пород на режим оползневого процесса.

4. Изучение режима быстро изменяющихся оползнеобразующих факторов. Такое изучение осуществляется посредством измерения величин размыва или аккумуляции оползневых масс (стереофотограмметрическими, геодезическими методами по закрепленным реперами профилям, топо- и батиметрическими повторными съемками), определения водного баланса (измерением уровней подземных и поверхностных вод, стока и испарения с поверхности земли, дебитов источников), сбора данных с ближайших метеостанций о количестве одновременно выпадающих атмосферных осадков, температуре воздуха, атмосферном давлении и т.п. Полный комплекс отмеченных режимных наблюдений в пределах опорных стационарных участков и отдельные виды работ зависят от целевой установки исследований, типа механизма оползня, характера техногенного воздействия и других особенностей инженерно-геологической обстановки. Результаты наблюдений отражаются на дежурных картах масштаба 1:500–1:2000 и накапливаются в форме временных рядов факторов, вызывающих оползневые деформации.

В настоящее время практической задачей налаживания работы подсистемы слежения является поддержание работы службы Мингео СССР по наб-

людению за режимом оползней по репрезентативной сети и накоплению данных детальных изысканий организаций Госстроя СССР.

Подсистема прогнозов разрабатывается с обязательным соблюдением ряда основных методологических принципов инженерно-геологического прогнозирования, в том числе принципов системности, вариантности (учитывающего различные варианты освоения городской территории), перманентности (предусматривающего необходимость систематических уточнений прогнозов), комплексирования (сопоставления прогнозов, полученных разными методами, и построение результирующих прогнозов), верификации (обязательной оценки точности выдаваемых прогнозов). Подсистема включает в себя два блока: региональных и локальных прогнозов, позволяющих решать широкий комплекс прогнозных задач с учетом специфики городских условий.

Различаются четыре основных этапа прогнозирования. Региональные прогнозы предназначены для создания общего фона локальных прогнозов, рационального планирования, размещения и определения условий функционирования различных народнохозяйственных объектов, обоснования наблюдательной сети и частоты наблюдений, оценки эффективности комплекса мероприятий инженерной защиты территории. Для этих целей могут быть использованы методы долгосрочных и краткосрочных прогнозов оползней, которые легко трансформируются для условий городов. Например, прогнозная оценка степени подверженности территории оползневому процессу может быть получена с помощью методов оползневого потенциала [1,2,4] или упорядоченно классификации элементарных участков [2]. Прогноз устойчивости оползней во времени при строительстве и эксплуатации сооружений выполняется при использовании метода природных аналогов или сравнительно-геологического анализа, основных показателей развития и активизации оползней и их хорошо изученных аналогов.

Прогноз времени активизации оползней на отдельных участках городской территории может быть произведен одним из существующих методов путем статистической обработки временных рядов оползней и быстроизменяющихся факторов [1,5] с учетом особенностей проявления ритмичности оползневого процесса в исследуемом регионе. Период упреждения таких прогнозов - от одного года до 15-20 и более лет. При отсутствии указанных рядов используются ряды разновременных эпизодических измерений [6,5]. Из группы детерминированных методов прогноза, позволяющих объективно оценить устойчивость оползневых склонов, применяется метод "обратных расчетов", основанный на учете ранее происшедших на данном участке или на участке-аналоге оползневых смещений. Предполагается, что в начале движения оползня минимальные сопротивления сдвигу по поверхностям смещения уравниваются сдвигающими усилиями. Число и тип уравнений равновесия зависит от количества поверхностей ослабления и особенностей инженерно-геологической обстановки, в которой формируется оползень. Перспективным также является решение с помощью детерминированных моделей задач оптимального управления [3].

Моделирование нередко проводится в режиме диалога "исследователь-ЭВМ", Выходной информацией является карта прогнозной оценки подверженности территории различным типам оползней с заданными градациями степени подверженности или устойчивости территории на период упреждения с объемом и местом проявления оползневых смещений.

В практике прогнозов более достоверные результаты можно получать, используя в качестве математического обеспечения вероятностно-статистические модели. Большое число моделей основано на теории распознавания образов. С их помощью оценивается устойчивость склона и экстраполируются ожидаемые изменения на заданный период упреждения. При этом обучающая выборка должна содержать не менее семи склонов-аналогов разного состояния с известными диапазонами коэффициентов устойчивости. Прогноз заключается в предсказании изменения коэффициента устойчивости в течение определенного времени. Данная задача может решаться с применением моделей статистических решений, обобщенного портрета, дискриминантных функций, голосования по тупиковым тестам и ряда других [3]. Вероятности ошибок прогнозов оцениваются экзаменом по независимой выборке, по обучающей выборке или скользящим экзаменом. Для тех же целей используются методы последовательного многофакторного регрессионного анализа [5,6].

Отдельные этапы развития оползней устанавливаются с помощью метода симптомов, предусматривающего диагностику стадий и фаз полного оползневого цикла, определение по геометрическим, кинематическим и субстационарным признакам состояния оползневой системы и прогнозирования времени начала новых этапов (стадий, фаз) цикла, включая стадию катастрофического смещения. Преимуществом данного метода является неограниченная возможность ввода информации о различных физических и геологических полях, полученной с помощью перечисленных выше геофизических методов.

Скорость развития оползневого процесса можно оценить путем анализа точечных контрольных диаграмм оползневых смещений, с использованием байесового подхода и некоторых других количественных методов [3]. Время основного смещения устанавливается по анализу критических деформаций с учетом реологических характеристик пород основных деформирующихся горизонтов.

Подсистема управления оползневым процессом предназначена для выдачи результатов рассмотренных подсистем заинтересованным городским организациям в виде соответствующих исполнительных мероприятий. В них сообщаются сведения о состоянии изучаемых территорий, характеристиках оползневого процесса и сопровождающих его явлениях, даются прогнозные заключения об ожидаемых оползневых деформациях и степени их воздействия на народнохозяйственные объекты. Предлагаются меры по осуществлению противооползневых мероприятий, предупреждающих разрушительные деформации или способствующих стабилизации процесса, раз-

личные профилактические меры, препятствующие возникновению или активизации оползней.

Примером действующего мониторинга оползней на городской территории может служить система наблюдений в Москве. На региональном уровне она охватывает всю территорию города, где зарегистрировано 15 участков развития глубоких оползней выдавливания, около 200 поверхностных оползней течения и скольжения и ряд потенциально опасных участков. На локальном уровне наблюдения сосредоточены на восьми опорных стационарах, где оборудовано более 1500 различного рода наблюдательных пунктов: реперов, марок, скважин и т.д. Здесь применяется широкий комплекс наблюдений, включая высокоточные геодезические и геофизические методы.

Накопленная информация позволяет выдавать прогнозы с различной заблаговременностью. За 30-летний период существования данного мониторинга было составлено и выдано свыше 1500 инженерно-геологических заключений по запросам более 400 организаций. Однако относительно короткий период стационарных наблюдений по сравнению с продолжительностью в сотни лет полного оползневой цикла снижает полноту выдаваемых прогнозных показателей.

Оползневой мониторинг Одессы, помимо наблюдательной сети за режимом оползней и влияющих на них факторов, включает контроль за работой существующего комплекса противооползневых мероприятий (берегозащитные и удерживающие сооружения, дренажные штольни, регулирование поверхностного стока и др.).

В дальнейшем необходимо продолжить работы по развитию и совершенствованию службы литомониторинга в городах, направив основные усилия на вопросы унификации исследований, их оптимизации, оперативности, внедрения в практику упомянутых методик прогнозирования, повышения качества составляемых прогнозов.

Литература

1. Гулакян К.А., Кюнтцель В.В., Постоев Г.П. Прогнозирование оползневых процессов. М.: Недра, 1977. 135 с.
2. Кюнтцель В.В., Тарасова Г.И. и др. Опыт регионального прогноза влияния проектируемого канала по переброске стока рек на развитие оползневых процессов // Вопросы прогнозирования оползневых процессов. М.: ВСЕТИНГЕО, 1978. Вып. 119. С. 11-23.
3. Опыт оценки устойчивости склонов сложного геологического строения / Под ред. Г.С. Золотарева. М.: Изд-во МГУ, 1973. 125 с.
4. Постоев Г.П. Применение метода геодинамического потенциала для долговременного прогнозирования ЭП // Долговременные прогнозы проявления ЭП. М.: Наука, 1985. С. 94-100.
5. Рекомендации по прогнозу устойчивости обвально-оползневых склонов. М.: Стройиздат, 1986. 120 с.
6. Шешеня Н.Л. Основы инженерно-геологического прогнозирования. М.: Наука, 1986. III с.

ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ КАРСТОВО-СУФФОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ, ВЫЗВАННЫХ ТЕХНОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА ПОДЗЕМНУЮ ГИДРОСФЕРУ

В.П.Хоменко, В.Л.Беляев, О.Р.Максимова

В последние годы на закарстованных территориях СССР и ряда промышленно развитых стран была отмечена значительная активизация провалообразования, вызванного изменениями уровня режима подземных вод [4]. Очень часто это бывает связано с развитием карстово-суффозионных процессов [3], иногда чисто техногенного происхождения, их проявление приурочено обычно к территориям крупных городов и промышленных центров.

Карстово-суффозионные процессы представляют большую опасность для строительства, но изучены пока недостаточно. Вот почему в ПНИИИСе Госстроя РСФСР в конце 70-х в начале 80-х годов были проведены научные исследования, имевшие целью инженерно-геологическое изучение закономерностей развития этих процессов и разработку методики их прогноза [3]. Карстово-суффозионные процессы в основном протекают на глубине и недоступны для прямого наблюдения, поэтому исследования базировались на лабораторном эксперименте, а полученные на их основе прогнозные решения имеют расчетно-теоретический характер, при этом учитывались новейшие концептуальные представления о механизме карстово-суффозионного провалообразования.

Достоверность такого рода прогнозов можно оценить только путем сопоставления прогнозных данных с фактическими, которые не всегда можно получить в количестве, достаточном для однозначных выводов. Тем не менее такие данные постепенно накапливаются и можно предположить, что с усиливающимся техногенным натиском на геологическую среду их объем будет возрастать.

Рассмотрим в качестве примера ситуацию, возникшую на территории одного интенсивно развивающегося промышленного центра, расположенного в Европейской части СССР на берегу крупной равнинной реки. Город появился сравнительно недавно и находится в районе развития активного сульфатно-карбонатного карста. На его территории помимо постоянно возникающих свежих провалов встречается много старых провальных воронок, поэтому относительно города в целом нельзя однозначно говорить о чисто техногенном происхождении всех карстово-суффозионных провалов. Вместе с тем, применительно к некоторым конкретным провалам и даже к отдельным участкам городской территории такой вывод сделать можно, поскольку в этих случаях провалообразование явно связано с искусственным воздействием на подземную гидросферу.

В восточной части города на территории промышленной зоны действует мощный водозабор, в результате работы которого здесь сфор-

мировалась крупная депрессионная воронка (рис. 1). Водозабор начал работать в 1935 г. и до 1960 г. эксплуатировал только надкарстовые воды, что привело к снижению их уровня на 12 м. С 1960 г. началась эксплуатация трещинно-карстовых вод, и уже в 1973 г. их пьезометрический напор был снижен на 15 м. В 70-х годах водоотбор уменьшился.

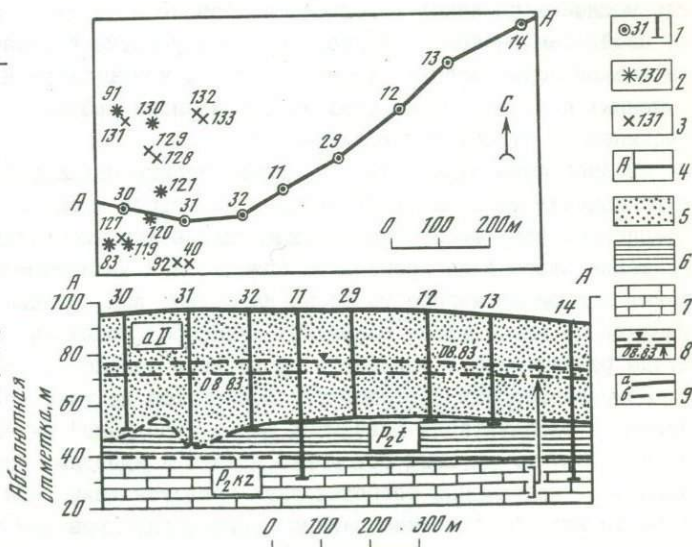
В 1967 г. в юго-западной части территории водозабора возник первый карстово-суффозионный провал, а к 1985 г. их количество достигло 15. Один провал образовался рядом со скважиной, эксплуатирующей трещинно-карстовые воды, и расположен отдельно от остальной группы, поэтому на рис. 1 он не показан и его параметры не были включены в математическую обработку. По своим размерам все провалы отчетливо делятся на два типа: мелкие, имеющие диаметр от 3 до 6 м, и крупные с диаметром от 10 до 15 м, причем первый крупный провал образовался на участке только в 1975 г.

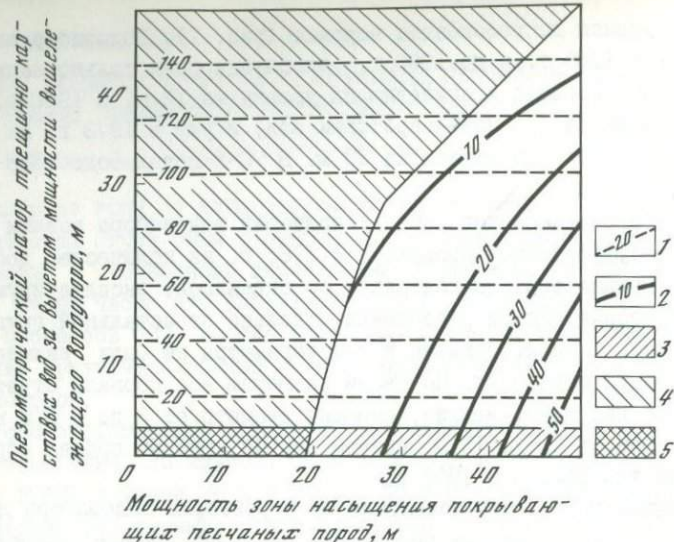
Можно предположить, что появление на территории водозабора двух групп провалов, резко отличающихся друг от друга своими размерами, вызвано принципиальным различием механизма их образования. Одна группа провалов могла сформироваться в результате фильтрационного разрушения водонасыщенных песков нисходящим потоком, а другая - вследствие их разрушения восходящим потоком (ползучего разжижения), поскольку именно эти процессы (и только они) наблюдались на лабораторных моделях при имитации откачек трещинно-карстовых вод в аналогичных инженерно-геологических условиях [3].

Графически эти закономерности можно выразить в виде диаграммы, представленной на рис. 2. На ней показано изменение условий формирования провалов обоих типов и их максимально возможных диаметров на территории,

Р и с. 1. Геологическое строение участка водозабора

1 - скважина и ее номер; 2 - крупный провал и его номер; 3 - мелкий провал и его номер; 4 - линия геологического разреза; 5 - пески; 6 - глины; 7 - известняки и доломиты; 8 - уровни и напоры подземных вод, месяц и год их замера; 9 - установленные (а) и предполагаемые (б) литолого-стратиграфические границы





Р и с. 2. Закономерности карстово-суффозионного провалообразования, вызываемого изменениями уровня подземных вод

1 — изогипсы максимально возможных диаметров провалов, обусловленных ползучим разжижением, м; 2 — то же для провалов, обусловленных фильтрационным разрушением водонасыщенных песков нисходящим потоком, м; 3 — область, в пределах которой происходит провалообразование, обусловленное ползучим разжижением; 4 — то же для провалообразования, обусловленного фильтрационным разрушением водонасыщенных песков нисходящим потоком; 5 — то же для обоих видов провалообразования

где мощность песчаных пород составляет 50 м, а их свойства соответствуют свойствам песков, присутствующих на участке водозабора: объемная масса песков зоны аэрации равна $1,70 \text{ т/м}^3$, коэффициент пористости водонасыщенных песков — 0,54; угол их внутреннего трения — 37° , а угол естественного откоса под водой — 32° .

Из диаграммы видно, что понижение уровня надкарстовых вод приводит к уменьшению максимально возможных диаметров провалов, вызываемых фильтрационным разрушением водонасыщенных песков нисходящим потоком, и к снижению этого вида провальной опасности. К аналогичному результату приводит повышение напора трещинно-карстовых вод, однако, оно вызывает увеличение максимально возможных диаметров провалов, обусловленных ползучим разжижением и усиливает провальную опасность этого типа.

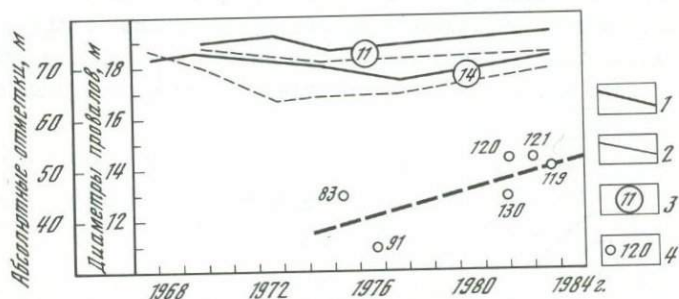
Проанализировав обстановку, сложившуюся на участке водозабора в результате эксплуатации подземных вод с переменной интенсивностью в период с 1967 г. по 1984 г., можно прийти к выводам, подтверждающим правильность изложенных теоретических представлений. Для этого достаточно сопоставить фактические данные о диаметрах провалов и времени их обра-

зования, а также об изменении уровня режима подземных вод с параметрами провалообразования, полученными расчетным путем.

В частности, нетрудно видеть, что крупные провалы появились на участке только после того, как, вследствие снижения интенсивности отбора трещинно-карстовых вод, началось восстановление их пьезометрического напора продолжающееся до настоящего времени (рис. 3). Отсюда вытекает вывод, что эта группа провалов сформировалась за счет ползучего разжижения при наличии "готовых" сквозных нарушений сплошности татарских глин.

Можно предположить, что крупные провалы образовались в результате превышения напором трещинно-карстовых вод критической величины. Однако проведенный исходя из такого допущения обратный расчет показал, что в этом случае кровля водоупора в точках расположения крупных провалов, образовавшихся в 1975-1976 гг., должна залегать на отметке 69,5 м, а в точках расположения крупных провалов 1981-1983 гг. - на отметке 70,2 м, что вступает в явное противоречие с геологическим строением участка (см. рис. 1). При этом расчетные максимально возможные диаметры провалов, которые соответственно составляют 4,8 м и 4,5 м, явно малы.

Следует признать, что в точках расположения крупных провалов отсутствовали и отсутствуют условия, обеспечивающие формирование провалов за счет фильтрационного разрушения водонасыщенных песков нисходящим потоком. Проверку этого предположения можно провести совместно с проверкой предположения о том, что образование мелких провалов вызвано фильтрационным разрушением водонасыщенных песков нисходящим потоком. Следует отметить, что характер изменения уровня режима водоносных горизонтов на участке водозабора (см. рис. 3) однозначно в пользу этого второго предположения не свидетельствует, в отличие от ситуации с крупными провалами. Принимая, что мелкие провалы вызваны фильтрационным разрушением водонасыщенных песков нисходящим потоком и образуются при



Р и с. 3. Сопоставление данных об уровне режима подземных вод на участке водозабора с данными об изменении диаметров крупных провалов

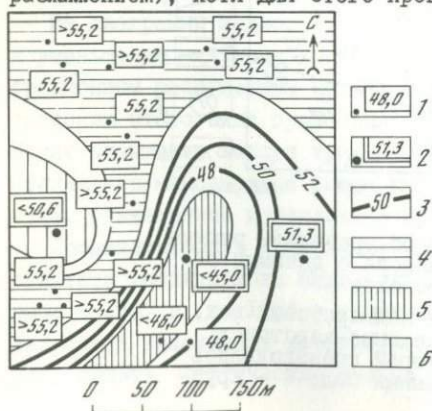
1 — кривая изменения уровня надкарстовых вод;
2 — кривая изменения напора трещинно-карстовых вод;
3 — номер скважины, в которой производились замеры уровней и напоров подземных вод;
4 — крупный провал и его номер

таких положениях уровней и напоров подземных вод, которые обеспечивают провалообразование этого типа, можно обратным расчетом определить отметку залегания кровли татарских глин в точках расположения обеих групп провалов. Результаты такого расчета (рис. 4) вполне согласуются с общим характером залегания татарских глин на участке водозабора (см. рис. 1). В частности, наличие выявленного расчетным путем локального понижения кровли глин в южной части участка подтверждается геологическим разрезом, построенным по данным бурения.

Результаты расчета максимально возможных диаметров провалов, вызванных фильтрационным разрушением водонасыщенных песков нисходящим потоком, свидетельствуют о совпадении тенденций изменения этой величины во времени с тенденцией изменения фактических диаметров мелких провалов (рис. 5). Что же касается крупных провалов, то обратный расчет, осуществленный для наиболее опасной ситуации, возникшей на участке в 1983 г., показал, что для того, чтобы в точках расположения крупных провалов не могли образоваться провалы, вызванные фильтрационным разрушением водонасыщенных песков нисходящим потоком, кровля татарских глин не должна опускаться в этих точках ниже отметки 55,2 м.

Общая картина развития карстово-суффозионного провалообразования на рассматриваемой территории представляется следующим образом. До середины 60-х годов опасность провалообразования, вызываемого фильтрационным разрушением водонасыщенных песков нисходящим потоком, постоянно снижалась. Это было связано с опусканием уровня надкарстовых вод на фоне стабильного пьезометрического напора трещинно-карстовых вод, причем с определенного момента он опустился ниже отметки напора. Снижение напора трещинно-карстовых вод, начавшееся в 1960 г., не внесло существенного изменения в эту ситуацию до тех пор, пока он не упал ниже отметки уровня надкарстовых вод.

Трудно однозначно ответить на вопрос, почему в период с 1935 по 1961 г. не происходило образования провалов, вызываемых фильтрационным разрушением водонасыщенных песков восходящим потоком (ползучим разжижением), хотя для этого процесса существовали необходимые пред-

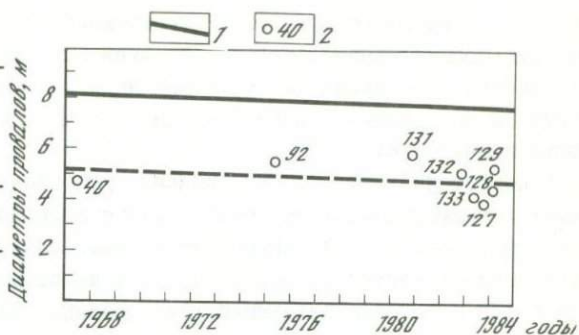


Р и с. 4. Карта изолиний абсолютных отметок кровли татарских глин на участке интенсивного провалообразования, построенная способом обратного расчета

1 - точка расположения провала и расчетная отметка кровли глин, м;
 2 - точка расположения скважины и установленная отметка кровли глин, м;
 3 - изолинии абсолютных отметок кровли глин, м; 4 - участки, где абсолютные отметки кровли глин превышают 54 м; 5 - участки, где кровля глин опущена ниже отметки 46 м; 6 - участки, где кровля глин опущена ниже отметки 52 м

Р и с. 5. Сопоставление фактических диаметров мелких провалов, образовавшихся на участке водозабора, с расчетными

1 - расчетная кривая изменения максимально возможных диаметров провалов, обусловленных фильтрационным разрушением водонасыщенных песков нисходящим потоком; 2 - мелкий провал и его номер



посылки. Можно лишь отметить, что при этом отсутствовали условия, способствующие образованию и расширению сквозных нарушений сплошности водоупора, отделяющего надкарстовые воды от трещинно-карстовых: не было нисходящего потока, размывающего стенки сквозных нарушений, а прогиб татарских глин над крупными полостями в карстующихся породах компенсировался уменьшением веса вышележащих песков за счет их осушения [1].

Дальнейшее снижение напора трещинно-карстовых вод на фоне незначительного подъема уровня надкарстовых вод привело к тому, что в 1967 г. в южной части участка водозабора, где кровля татарских глин значительно опущена, возникли необходимые и достаточные условия для возникновения первого провала, вызванного фильтрационным разрушением водонасыщенных песков нисходящим потоком.

В середине 70-х годов началось восстановление уровней и напоров подземных вод, сработанных за время интенсивной откачки. Это привело с одной стороны, как уже было сказано раньше, к образованию группы крупных провалов, вызванных ползучим разжижением, на участках с относительно неглубоким залеганием кровли татарских глин. С другой стороны, на этих же участках в начале 80-х годов сложились условия, обеспечивающие провалообразование, связанное с фильтрационным разрушением водонасыщенных песков нисходящим потоком, и возникла целая группа мелких провалов.

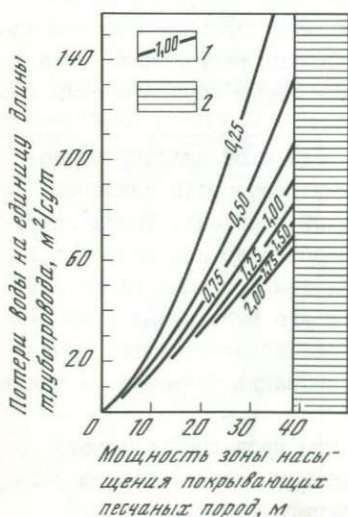
На территории города встречаются участки, где слой слабопроницаемых татарских глин отсутствует, и трещинно-карстовые воды сливаются с надкарстовыми в единый безнапорный водоносный горизонт. Такая ситуация крайне опасна в том случае, когда непосредственно над полостью в карстующихся породах или над разветвленной системой трещин происходит локальный подъем уровня грунтовых вод, чаще всего вызываемый аварийными утечками из водонесущих коммуникаций. При неблагоприятном сочетании ряда факторов это может привести к образованию провалов, и такие случаи в городе имели место.

Экспериментальные исследования показали, что провалообразование этого типа обусловлено фильтрационным разрушением водонасыщенных песков нисходящим потоком, имеющим некоторые специфические черты [2].

Возникновение этого процесса и вызывающей его вертикальной нисходящей фильтрации связано с формированием в результате утечки куполов на свободной поверхности грунтовых вод, которые одновременно присутствуют в карстующихся и покрывающих породах, различающихся своей водопроницаемостью.

Было установлено, что необходимые условия развития данного вида карстово-суффозионных процессов, часто приводящих к провалообразованию, определяются сочетанием таких параметров, как глубина залегания кровли карстующихся пород, мощность зоны насыщения покрывающих песчаных пород и глубина заложения трубопровода. Опасность провалообразования возрастает по мере снижения уровня грунтовых вод, а при его стабильном положении менее устойчивы участки с неглубоким залеганием карстующихся пород.

Время, необходимое для развития фильтрационного разрушения водонасыщенных песков зависит от их водопроницаемости и водоотдачи, а также от мощности зоны насыщения и от масштабов утечки. Эта закономерность представлена графически на рис. 6 для ситуации, когда карстующиеся породы залегают на глубине 50 м и перекрыты водонасыщенными песками с коэффициентом фильтрации 5 м/сут и с коэффициентом водоотдачи 0,2, как это имеет место на некоторых участках городской территории. Нетрудно видеть, что в определенных условиях при больших потерях воды при достаточно малой мощности зоны насыщения покрывающих песчаных пород по отношению к их общей мощности развитие рассматриваемого процесса неизбежно, так как минимальное время, предусмотренное действующими нормативными документами на ликвидацию аварийных утечек из водопроводов (6 час) превышает критическую величину.



Р и с. 6. Динамика развития карстово-суффозионных процессов, вызываемых утечками из водопроводных сетей

1 — изолинии допустимого времени утечки, в течение которого не происходит суффозионных разрушений, сут; 2 — область, в пределах которой исключается развитие карстово-суффозионных процессов

В городе имеются участки с подобными, крайне неблагоприятными инженерно-геологическими условиями, которые, кроме того, могут быть дополнительно ухудшены за счет искусственного снижения уровня грунтовых вод. Однако в настоящее время количество образовавшихся на территории города в результате утечек карстово-суффозионных провалов недостаточно для корректного сопоставления фактических данных с предлагаемой теоретической моделью, поэтому однозначные выводы делать еще рано. Вместе с тем, при прокладке и эксплуатации водопроводных сетей следует уже сейчас обращать особое внимание на участки повышенной потенциальной карстово-суффозионной опасности.

В ы в о д ы. 1. Карстово-суффозионное провалообразование на территориях крупных городов и промышленных центров может быть вызвано искусственным повышением или снижением уровней пьезометрических напоров подземных вод, присутствующих в карстующихся и покрывающих породах, а также утечками из водонесущих сетей.

2. Для развития подобных процессов характерны определенные закономерности, что делает возможным их количественное прогнозирование на расчетно-теоретической основе.

3. Сопоставление разработанных в ПНИИИСе Госстроя РСФСР прогнозных решений со сведениями об условиях и динамике развития техногенного карстово-суффозионного провалообразования на территории одного из городов Европейской части СССР показало хорошую сходимость расчетных данных с фактическими.

Литература

1. К у т е п о в В.М. Оценка устойчивости закарстованных территорий методом анализа напряженного состояния массивов горных пород: Обзор и рекомендации. М.: ЦП НТГО, 1986. 68 с.
2. Т о л м а ч е в В.В., Т р о и ц к и й Г.М., Х о м е н к о В.П. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий. М.: Стройиздат, 1986. 176 с.
3. Х о м е н к о В.П. Карстово-суффозионные процессы и их прогноз. М.: Наука, 1986. 97 с.
4. Report of the IAEG Commission on site investigations //Bull.Intern. Assoc. Eng. Geol. 1981. N 24. P. 185-226.

УДК 624.131

НЕКОТОРЫЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕЛИТЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЗАБАЙКАЛЬЯ

А.С.Александров, Д.М.Шестернев

Криолитозона Читинской области имеет весьма сложное строение. В Северном Забайкалье, в пределах Витимского плоскогорья и Олекминского становика криолитозона имеет практически сплошное распространение [6]. В центральных частях горных хребтов альпийского типа (Южно- и Северо-Муйский хребты, хребты Кодар и Удокан) мощность криолитозоны

достигает 800–900 м. Температура пород в основном меняется от -5° до -10° . В краевых частях горных сооружений мощность криолитозоны уменьшается до 300–500 м, а температура ее колеблется от $-3,0^{\circ}$ до $-8,0^{\circ}$.

В пределах развития высоких гольцовых гор центрального Забайкалья, в горнотаежных районах бассейнов рек Олекмы и Витима мощность криолитозоны достигает 200–300 м. Температура многолетнемерзлых пород изменяется в пределах от $-1,0^{\circ}$ до $-5,0^{\circ}$. Вследствие резко выраженной температурной инверсии максимальные мощности криолитозоны характерны для межгорных впадин и речных долин.

Южнее Олекмо–Витимского геокриологического района криолитозона имеет островной характер распространения. В строении криолитозоны Центрального Забайкалья наряду с переходом от сплошной криолитозоны к массивно-островной и островной, происходит смена закономерностей развития криолитозоны. На севере Центрального Забайкалья, в горах отмечается более суровая геокриологическая обстановка, чем в долинах, а на юге – наблюдается обратная картина.

Таежное среднегорье занимает около двух третей Забайкалья и отличается островным распространением криолитозоны. Ее мощность достигает 50–80 м, температура изменяется в пределах от $-1,0^{\circ}$ до $-3,0^{\circ}$. В многолетнемерзлом состоянии находятся обычно днища падей и северные склоны.

В низкогорье Онон–Шилкинского междуречья многолетнемерзлые породы приурочены в основном к заболоченным массивам и участкам, сложенным глинистыми грунтами. Их мощность изменяется от первых метров до 30–40 м (пойма Борзи). На склонах гор заморожены лишь нижние их участки, экспонированные на север. Мощность мерзлых пород здесь не превышает 10–20 м, температура изменяется от $1,0^{\circ}$ до $-2,5^{\circ}$.

В пределах Онон–Борзинского и Ага–Ононского междуречья острова многолетнемерзлых пород наблюдаются на днищах падей, озерных котловинах, сложенных глинистыми грунтами. Мощность многолетнемерзлых пород равна 8–10 м, при температуре от $-0,1^{\circ}$ до $-2,0^{\circ}$.

На севере области распространены лавиноопасные районы, широко развиты солифлюкция, термокарст, пучение, курумо- и наледообразование, интенсивно протекает криогенное выветривание. Ливневый характер летних дождей и большие уклоны местности способствуют активному развитию эрозийных процессов, особенно в степных и лесостепных зонах. Карст и селевые потоки в Читинской области мало развиты.

Таким образом, даже из краткой характеристики инженерно-геокриологических условий территории Восточно-Сибирского экономического района видно, сколь сложен он для рационального размещения, строительства и эксплуатации народнохозяйственных объектов.

Север Прибайкалья и Забайкалья пересекает трасса БАМа. Это наиболее сейсмичный участок трассы. Так, при проведении специальных исследований в 1962–1979 гг. на этой территории отмечено более 18 тыс. земле-

трясений. В случае возникновения катастрофических землетрясений курумы, осыпи могут в массовом количестве образовать грунтовые лавины [2, 3].

Просадки и осадки, вызванные ходом развития термокарста, проявляются через несколько лет после начала эксплуатации объектов. Например, деформация железнодорожной насыпи и провальные воронки вблизи Петровск-Забайкальского появились внезапно в 1938 г. В 1941 и 1951 гг. катастрофические просадки повторились. Единовременные просадки, вследствие вытаивания подземных льдов, достигали 1 м, ширина просадок составила 3-4 м и длина до 15 м. [5].

Наледи - сложное природное явление, широко распространенное в Читинской области. В ходе строительства их число значительно возросло. Увеличение количества наледей вызвано вскрытием горизонтов подземных вод глубокими выемками, котлованами, некачественным строительством водопропускных сооружений. Наледи представляют большую опасность и для служебно-технических зданий вдоль трассы БАМ. Косогорные налееди подтопляют их, нередко доходя до окон, иногда прорываются в подвалы зданий и сооружений. Вредное воздействие наледей на инженерные сооружения в северных районах Прибайкалья и Забайкалья сопоставимо с селевыми потоками и снежными лавинами [1].

В котловинах Забайкалья интенсивно протекают термоэрозионные процессы, вызванные хозяйственной деятельностью человека. Область их развития приурочена обычно к участкам, где расположены песчаные и супесчаные многолетнемерзлые породы. О возможном влиянии этого процесса можно судить по наличию оврагов, имеющих следующие размеры: длина - 800 м, ширина - 30 м, глубина - до 8 м. Территория Центрального и Юго-Восточного Забайкалья находится в зоне активного развития современных физико-геологических процессов и явлений, распространение и интенсивность которых сильно сказывается на строительстве и эксплуатации народнохозяйственных объектов.

Развитие оврагообразования приносит большой экономический ущерб городам Забайкалья. Особенно активен этот процесс в степных и лесостепных зонах. Катастрофический рост оврагов отмечался в городах Хилок, Нерчинск, Дарасун, Чита. В районах Калги и Александровского Завода протяженность оврагов достигает 200-300 м, глубина - 5 м. Эрозия развивается как правило в местах, где происходит разрушение дерново-почвенного покрова в ходе хозяйственной деятельности человека [4]. Первоочередной задачей предотвращения оврагообразования следует считать регулирование ливневого стока и одновременное применение агротехнических и агролесомелиоративных мероприятий.

Селевые потоки на характеризуемой территории имеют значительно меньший объем и менее активны, в сравнении с территорией Прибайкалья. Однако они причиняют значительный экономический ущерб и здесь. В Нерчинске селевые потоки перекрывают улицы, заносят отдельные участки города. Приносят они большой урон и Забайкальской железной дороге.

На юге Забайкалья отмечаются эоловые формы рельефа: дюны, барханы, гряды, песчаные бугры и воронки выдувания. Особенно активно и в больших масштабах эоловая деятельность ветра наблюдается в районе Борзи [4].

На территории Центрального Забайкалья широко представлены и такие процессы, как пучение, наледообразование и солифлюкция. Ущерб от двух последних менее существенен по сравнению с тем, который терпит народное хозяйство от пучения. В Забайкалье практически нет ни одного крупного города или поселка, где пучение в той или иной мере не приносило бы затруднений при эксплуатации их. Это связано в основном с неудовлетворительным объемом, а нередко и качеством инженерно-геологических изысканий, ошибками при выборе проектно-конструкторских решений, несоблюдением правил эксплуатации.

Наиболее чувствительной к техногенным воздействиям является приповерхностная часть криолитозоны. Известны случаи, когда изменения геокриологических условий незначительны и не оказывают отрицательного воздействия на окружающую среду и инженерные сооружения, но не редки случаи, когда эти изменения выводят из строя как отдельные сооружения в городах (Чита, Нерчинск, Борзя и др.), но и целые объекты (отдельные железнодорожные станции БАМа). Кроме того известны случаи, когда уже при изысканиях строительные площадки в районе Чарской долины становились непригодными для освоения.

В Забайкалье хорошо развиты обрабатывающая, горнодобывающая и лесная промышленность, сельское хозяйство. В настоящее время здесь насчитывается более 3 тыс. населенных пунктов, из которых до 150 имеют численность населения от 3 до 50 тыс. человек и больше. Заселение территорий, развитие промышленности стимулировало интенсивное строительство линейных сооружений (железных дорог, автомобильных дорог, автозимников, линий электропередач и т.п.).

Наиболее интенсивное и разностороннее преобразование природных ландшафтов связано со строительством и эксплуатацией линейных сооружений, промышленных и горнодобывающих центров, гидротехнических объектов, развитием сельского и лесного хозяйства. Все эти виды хозяйственной деятельности по форме воздействия на криолитозону можно подразделить на площадную и линейную, выделив, в первом случае, селитебные, неселитебные осваиваемые территории и гидротехнические сооружения, во втором — наземные и подземные сооружения.

Все виды хозяйственной деятельности способствуют повышению или понижению среднегодовых температур пород. Происходит это как в результате изменений теплообмена на поверхности (экстенсивная форма воздействия), так и при стоке тепла от теплоносителей (интенсивная форма воздействия). Если следовать строго этим определениям, то обе формы действуют практически всегда одновременно, различить их можно лишь по времени воздействия на криолитозону. Однако, это предмет специальных исследований.

Все воздействия человека на криолитозону подразделены на формы, по преобладанию одной из них – экстенсивной или интенсивной.

В пределах площадных селитебных территорий в наибольшей мере подвержены изменению поверхностная и подземная гидросфера, рельеф, растительный и снежный покров, микроклимат.

На территории Читы еще в начале 50-х годов отмечалось большое количество постоянно действующих ручьев. Урбанизация территории привела к изменению рельефа, уничтожению растительного покрова, регулированию стока атмосферных вод со склонов и, в конечном итоге, исчезновению ручьев. Строительство Читинской ГРЭС привело к засыпке озера Малый Кенон. В техногенных грунтах с 1962 г. и по настоящее время происходит новообразование многолетнемерзлых пород, максимальная мощность которых, по данным бурения, составила в 1982 г. 8 м.

Строительство жилых зданий в районе озера Кенон осуществляется по II принципу, с допущением оттаивания основания во время их строительства и эксплуатации. В основании этих сооружений залегают аргиллиты с прослоями и линзами песчаников и углей, превращающиеся в ходе активизации криогипергенеза в суглинки и крупнозернистые пески. Образовавшиеся чаш оттаивания ограничены, как правило, контурами зданий и, по существу, являются водными коллекторами. В зимнее время их объем заметно сокращается и подземные воды отжимаются в подвалы, которые практически полностью затопляются. В летнее время, когда образуется слой сезонного оттаивания, уровень подтопления заметно падает, поскольку начинает срабатывать горизонт подземных вод этого слоя.

Подтопление сооружений может произойти в результате локальной деградации многолетнемерзлых пород, под воздействием техногенного фактора и образования в этих местах восходящих источников. Такой случай отмечается на одном из линейных сооружений Читы. Причем подтопление основания привело не только к избытку его влагонасыщения, но изменению категории грунтов – из нетиксотропных они стали тиксотропными, и под воздействием динамических нагрузок несущая способность основания стала минимальной. Для ее восстановления были проведены работы по мелиорации основания с помощью дренажных устройств.

В настоящее время развитие наук инженерно-геологического и геокриологического циклов позволяет ставить вопрос о разработке инженерно-геокриологических прогнозов различного уровня, от обзорных до конкретных, опережающих строительство на время, равное одному короткопериодному циклу изменения климатических условий. Нормативные документы должны запрещать проведение строительства инженерных сооружений без наличия инженерно-геокриологических прогнозов и рекомендаций по эксплуатации возводимых объектов. Для использования строителями и эксплуатационниками соответствующих научных разработок, накопленного опыта в строительстве, должны быть разработаны организационно-правовые мероприятия.

Современные достижения науки и техники уже сейчас позволяют в отдельных случаях существенно снизить воздействие техногенного влияния на окружающую среду. Умеем ли мы и производить оценку этих воздействий на отдельных локальных участках регионов. По-видимому, уже сейчас настало время ставить вопрос о разработке мероприятий по охране окружающей среды в глобальном масштабе.

Литература

1. Геология и сейсмичность зоны БАМ: Гидрогеология / Е.В.Пиннекер, Л.Л.Шабынин, В.Г.Ясько и др. Новосибирск: Наука, 1984. 168 с.
2. Галенецкий С.И., Козьмин Б.М., Кочетков В.М. и др. Сейсмичность зоны БАМ // Проблемы хозяйственного освоения зоны Байкало-Амурской магистрали: Материалы III Всесоюз. конф. Иркутск, 1981. С.5-38.
3. Лапердин В.К., Тржцинский Ю.Б. Инженерно-геодинамические процессы в зоне хозяйственного освоения БАМ // Там же.
4. Портнова В.П. Инженерно-геокриологические условия Центрального и Восточного Забайкалья. М.: Недра, 1976. 232 с.
5. Тржцинский Ю.Б., Будз М.Д., Зарубин Н.Е. Оползни, сели, термокарст в Восточной Сибири и их инженерно-геологическое значение. М.: Наука, 1969. 136 с.
6. Шполянская Н.А. Вечная мерзлота Забайкалья, М.: Наука, 1978. 132 с.

УДК 624.131.1:551.351

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ АЛМАЛЫКСКОГО ГОРНО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

А.К.Касымов

Алмалыкский горно-промышленный комплекс (ГПК) — один из крупнейших в Узбекской ССР, имеющий большое народнохозяйственное значение. В "Основных направлениях экономического и социального развития Узбекской ССР на 1986-1990 гг." предусмотрено дальнейшее расширение добычи полиметаллических руд. Это вызовет еще более глубокие изменения инженерно-геологической обстановки.

Анализ последствий взаимосвязей между горнопромышленным комплексом и геологической средой осложняется специфическими свойствами геологической среды: гетерогенностью, временной динамичностью, контрастностью строения, кумулятивностью, скоростью изменений при замедленности конечного эффекта взаимодействий; эластичностью, проявляющейся в адсорбции внешних воздействий, в способности адаптироваться под влиянием вызванных внешними воздействиями изменений термодинамической обстановки; избирательной трансляцией воздействий.

На основании анализа литературных и фондовых материалов и выполненных исследований для геологической среды горнопромышленных районов выделен ряд специфических особенностей:

- функционально одновременное использование геологической среды как средоформирующего и ресурсопроизводящего компонента;
- особая глубина и интенсивность техногенной переработки;
- специфически высокая скорость изменений и приближенность конечного эффекта взаимосвязей с техносферой;
- повышенная дискретность (сочетание рудных тел и вмещающих пород);
- преобладание резкостных границ между геологическими телами;
- преобладание эффекта дальнего действия во влиянии зоны ГПК на окружающую среду (за счет изменений гидрогеологических условий, параметров геофизических и геохимических полей);
- пониженная адаптивность (за счет преобладания процессов изъятия и привноса веществ);
- наличие, наряду с основной деятельностью (извлечение сырья), "анти-деятельности" (термин Д.А.Арманда) - рекультивации, переработки отходов и т.п.;
- особенно тесное взаимодействие со смежными блоками биосферы и социотехносферой.

Указанные особенности определяют необходимость разработки специальной методики оценки состояния геологической среды горно-промышленных районов и ее техногенных изменений.

В результате последовательного учета геологических факторов (геологического строения территории, геоморфологических условий, литолого-петрографических особенностей пород, их состояния и свойств, гидрогеологической обстановки) выполнена типизация геологической среды территории. Для дальнейшей работы целесообразно выполнить условную дифференциацию выделенных таксонов (типов и подтипов) по величине инженерно-геологического потенциала (в понимании Г.А.Голодковской). С этой целью нами выполнена экспертная оценка толщ пород в пределах типов и подтипов геологической среды по коэффициентам α (передачи), β (поглощения) и γ (преобразования) сигналов от источников возмущения (техногенного воздействия). В силу большого разнообразия источников, различия зон их влияния по размерам, избирательного воздействия источников через геологическую среду на реципиентов было сочтено необходимым: провести экспертную оценку применительно к некоторым, наиболее важным классам последствий; дифференцировать оценку по основным геоэкоосферам.

В настоящее время методика интегральной оценки влияния техногенных воздействий на геологическую среду остается неразработанной. Это объясняется несколькими причинами: различным качественным характером воздействий, трудностью учета синергического эффекта, сложностью анализа и учета ретроспективной оценки техногенного освоения территории.

Наиболее широкомасштабным изменением геологической среды является накопление техногенных отложений, различающихся по условиям образования, составу, прочностным и деформационным свойствам. Наряду с накоплением техногенных отложений значимые изменения геологической среды вызывают процессы и явления, связанные с добычей полезных ископаемых

открытым способом, с деятельностью промышленных предприятий и со строительством и эксплуатацией городской инфраструктуры.

Добыча полезных ископаемых ведется в карьерах Кургашинокан и Кальмакыр. В бортах карьеров вследствие выветривания и постоянного сейсмического воздействия, генерируемого буровзрывными работами, увеличивается трещиноватость и уменьшается блочность пород. В результате прочность пород снижается от 8 (диориты) до 40% (известняки). В зонах сильной трещиноватости и тектонических нарушений прочность пород снижается в 3-4 и 6-8 раз соответственно. С дальнейшим углублением карьера Кургашинокан возрастает крутизна его бортов и уступов, увеличивается интенсивность выветривания, обвалов, осыпей, оползней. Дальнейший подъем уровня подземных вод приведет к еще большей активизации указанных выше процессов и вызовет трансформацию геологической среды на прилегающей к карьере территории.

В зоне хвостохранилищ наблюдаются эоловые процессы, в результате которых происходит запыление прилегающих городских и сельскохозяйственных территорий, на отдельных участках интенсифицируются эрозия и заболачивание (в связи с утечками из пульпопровода). На городской территории наиболее значимы процессы просадочности.

Влияние геолого-техногенных систем на изменение гидрогеологических условий прослеживается в пределах всей исследованной территории. Нарушение естественных условий залегания и распространения безнапорных трещинных вод в коренных породах связано с разработкой карьеров Кургашинокан и Кальмакыр.

Разработка карьера Кальмакыр повлияла на режим грунтовых вод долины рек Алмалыка и Накпака. Углубление карьера и постоянная откачка подземных вод привели к сработке естественного уровня в карьере Кальмакыр до 200-210 м, а к концу отработки карьера сработка по прогнозам достигнет 440-450 м.

Наряду с загрязнением поверхностных и подземных вод, в пределах территории отмечается техногенное загрязнение других компонентов геологической среды (почв, грунтов), атмосферы и биоты, при этом наблюдается трансграничное загрязнение. Так, пыль от Ахангаранского цементного комбината достигает г. Алмалыка. В свою очередь, загрязнения от Алмалыкского горнометаллургического комбината распространяются по территории г. Ахангарана.

Анализируя влияние техногенных факторов на естественные геологические условия, можно отметить, что на исследованной территории существенно изменились такие компоненты геологической среды, как рельеф, подземные воды, грунты, геологические процессы и явления, геохимического поля.

Анализ тенденций развития техногенных изменений геологической среды показывает, что в ближайшие годы при сохранении объемов и существующей технологии инженерно-хозяйственной деятельности будут активизироваться донная и боковая эрозия, просадочные явления, склоновые процессы в бортах карьеров, дефляция на склонах и поверхности хвостохранилищ, техно-

генный литогенез, снижение уровня эксплуатируемых грунтовых вод и их дальнейшее загрязнение.

Достоверный прогноз техногенных изменений геологической среды возможен на основе "перекрестной" типизации - техногенных возмущений геологической среды и специфических изменений геологической среды в горно-промышленных районах. На основании прямых и косвенных (экспертных) оценок состояния геологической среды установлено, что наибольшей остротой проблемной ситуации характеризуются последствия изменения гидрогеохимических и геохимических условий, в наибольшей степени влияющие на ухудшение здоровья человека и физической среды его обитания.

С целью оптимизации дальнейшего освоения территории и резкого улучшения условий труда и быта населения рекомендуется проведение ряда неотложных мероприятий.

Научно-организационные. Осуществить специальное и комплексное изучение вещественного состава и физико-механических свойств техногенных грунтов с целью обоснования использования их при дорожном строительстве, для вертикальной планировки, в качестве бетонных смесей и др.; для установления характера и масштаба потенциальных изменений, вызванных заполнением карьеров водой после их отработки, и с целью обоснования предотвращения соответствующих изменений геологической среды промоделировать потенциальные гидрогеологические процессы на примере карьера Кургашинокан. Рекомендуется создать литомониторинг и для сопредельных территорий, включая Ахангаранский промышленный район, поскольку установлено взаимовлияние Алмалыкской и Ахангаранской промышленных зон.

Планировочные. Решить вопрос использования и рекультивации территорий, занятых отвалами и отходами промышленности, в первую очередь, рекультивации территории хвостохранилищ и карьера Кургашинокан; расширять градостроительство в северном направлении, в сторону поймы реки Ахангаран, предусмотрев при этом берегоукрепляющие мероприятия, гарантирующие от затопления низкие террасы при катастрофических паводках; сформировать вокруг хвостохранилищ и промышленных объектов зеленую зону, предусмотреть мероприятия для обеспечения сохранения влажности грунтов хвостохранилищ выше 15-18% (т.е. не допускать грунты до воздушно-сухого состояния), чтобы предотвратить скопление пыли в атмосфере города; размещение будущих отвалов горных пород, хвостохранилищ и расширение существующих отвалов и хвостохранилищ производить в пределах горной части города.

Эксплуатационно-технологические. Предусмотреть отсыпку пустых и отработанных пород карьера Кальмакыр в карьер Кургашинокан при одновременной откачке подземных вод.

СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ
ИЗЫСКАНИЙ НА ОСВОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

С.А.Несмеянов

Тектонические, особенно неотектонические исследования, явно недостаточно используются в инженерных изысканиях. Несмотря на то, что важность подобных исследований для инженерной геологии отмечается во многих сводках и учебных пособиях [1, 2, 3] они лишь упоминаются в методических руководствах по инженерным изысканиям.

Вполне вероятно, что наиболее актуальны тектонические исследования в горно-складчатых областях, где сложные тектонические структуры не только выведены на земную поверхность, т.е. находятся непосредственно в зоне инженерных изысканий и определяют характер главных элементов рельефа, но, в отдельных случаях, сами могут представлять опасность для инженерных сооружений (сейсмостектонические дислокации, активный крип по разрывам). Особенно важны эти исследования на участках концентрации хозяйственной деятельности - городах, промышленных комплексах.

При решении поставленных задач особое внимание обращается на новейшие структуры, выявляемые часто с помощью геоморфологических методов. Здесь можно говорить о необходимости использования в инженерных изысканиях единого комплекса структурно-геоморфологических исследований. Их геоморфологическая часть подразумевает возрастное расчленение рельефа, т.е. возможность поэтапных количественных палеореконструкций древнего рельефа на различные временные срезы и выявление тенденций развития различных геологических процессов, в том числе и разрывных смещений.

Для расшифровки новейших структур используются деформации разнородных структурных поверхностей (геоморфологических уровней) в областях воздымания и границы размыва и несогласий в новейших, преимущественно олигоцен-миоценовых, толщах, погребенных в прогибах. Начало новейшего этапа в разных регионах считается неодновременным [4], поэтому неотектонические построения предусматривают анализ этапности геологического развития путем взаимосвязанных стратиграфических и геоморфологических исследований. Корреляция границ естественных (региональных) стратиграфических подразделений и геоморфологических уровней дает материал и для палеогеографических реконструкций, т.е. для анализа истории развития рельефа, которая позволяет оценить тенденции в активизации ряда геологических процессов.

Методика неотектонического районирования разработана преимущественно для мелких масштабов [4]. На мелкомасштабных картах выделяются, как правило, главные типы геоструктурных областей и показываются в изолиниях амплитуды суммарных новейших движений. Последние обычно суммируются за интервал, начиная с олигоцена, но для некоторых регионов нашей страны - только за позднеорогенный этап, т.е. преимущественно начиная со среднего миоцена.

Учитывая задачи инженерных изысканий, можно предположить два направления детализации легенд неотектонических карт. Для инженерной геологии важную роль играет литология толщ, обычно генерализуемая через формационный анализ. Первое направление предполагает, что именно подобного рода материал, а не типизация геоструктурных областей, как это свойственно мелкомасштабному районированию, должен "сопровождать" неотектоническое районирование, опирающееся в областях стабильного воздымания на анализ нередко "голых" от соответствующих отложений геоморфологических уровней. Именно деформация таких реально наблюдаемых уровней свидетельствует о новейших тектонических движениях. Ведь расчетные величины амплитуд могут весьма существенно различаться в зависимости от допущений, принимаемых отдельными исследователями. Второе направление видится в использовании реально картируемых новейших деформаций. Важно подчеркнуть, что таким образом для ряда районов фиксируются деформации нескольких геоморфологических уровней, т.е. может быть получен материал, принципиально сходный с изображаемым на структурных картах для новейших прогибов, где по геофизическим и буровым данным нередко выявляется дисгармония разновозрастных новейших дислокаций. Соответственно, содержание карты будет однотипным для областей поднятия и опускания.

Переход к крупным масштабам ставит вопрос о присутствии на неотектонических картах сведений о литологии и мощности отложений террасового и покровного генетических комплексов. Но, как отмечалось выше, методика их картографического изображения нуждается в разработке. Тем более, что территории городов и городских агломераций рассматриваются только в крупном масштабе.

Опасность для инженерных сооружений могут представлять в основном разрывные нарушения с активным современным крипом (или "тектонической ползучестью"). Такие интенсивные смещения известны для ряда крупнейших разрывных нарушений, обычно приуроченных к главным сейсмоопасным зонам планеты [9]. В научной и популярной литературе описаны, например опасные смещения по разрывам системы Сан-Андреас в США.

Характер работы конструкций сооружения в условиях крипа до настоящего времени не анализировался, поэтому в действующих нормативных документах не отражены требования к сооружениям, возводимым в разрывных зонах¹. Можно привлечь документы, отражающие принципиально сходные ситуации. Так, разрывные смещения грунтов в основании инженерных сооружений сходны со сдвигами и деформациями земной поверхности, возникающими при подработке [8]. А для таких смещений имеются нормативные крит

¹ Типичными являются рекомендации строительства "на участках, удаленных от тектонических разломов", или указания на повышенную сейсмичность и неустойчивое состояние грунтов на расстоянии 100 м по обе стороны от сейсмоактивных и опасных тектонических нарушений [6,7]. Однако в горно-складчатых областях не всегда удается найти для крупных сооружений подходящее место, совершенно лишенное разрывов.

ческие значения величины относительной горизонтальной деформации растяжения или сжатия, наклона и высоты уступа, до достижения которых еще не требуются меры по дополнительной защите разнообразных зданий и сооружений [6, 7].

Оценки опасных смещений, заложенные в нормативных документах, являются конечными, т.е. суммарными для всего срока работы инженерного оборудования. Соответственно, опасными могут быть тектонические смещения гораздо меньшие, чем в приведенных выше примерах. Для их выявления необходимы регулярные повторные высокоточные геодезические (теодолитные, нивелирные, дальномерные) и геофизические (с использованием наклономеров и деформографов) измерения, методика которых постоянно совершенствуется, а разнообразие увеличивается. Однако материалы исследований на геодинамических полигонах свидетельствуют о нестационарности разрывных смещений. Для получения однозначных количественных оценок их опасности требуются длительные, в десятки лет измерения, что, конечно, не укладывается в сроки инженерных изысканий для строительства. Возможны три пути выхода из данной ситуации.

Первый путь заключается в необходимости изучения подвижности разрывных нарушений задолго до начала изысканий, а часто и до начала перспективного планирования строительства. Следовательно, изучать нужно практически всю территорию с активными разрывами, что требует создания специальной службы геодезических и геофизических наблюдений.

Второй путь предполагает поиск специфических черт, свойственных разрывам с опасными смещениями, т.е. геологических критериев их опознавания. Для разрывов с вертикальными смещениями обычна длительная унаследованность развития. Поэтому разрывы с современными смещениями часто характеризуются активными молодыми (четвертичными) и новейшими движениями, а потому получают отражение в рельефе. При поиске таких структур важен поэтапный анализ амплитуд и скоростей тектонических движений, позволяющий установить исторические тенденции их подвижности. Для этого пригодна методика, которая используется для количественных палеореконструкций древнего рельефа. Она позволяет определить поэтапные амплитуды движения блоков, сопрягающихся по разрыву. Разность их движений в какой-то мере отразит величину и направление относительных смещений, если последние не удастся определить непосредственно по смещению геологических и геоморфологических элементов. Иногда в качестве косвенных критериев активных разрывов указываются зоны раскрытия трещин, активизации гравитационных процессов, распространения сейсмодислокаций. По комплексу признаков предлагается оценивать вероятность опасных или допустимых разрывных подвижек с учетом типов и классов инженерных сооружений, а также сроков их работы.

Третьим независимым путем может служить использование разнообразных косвенных признаков современной активности разрывов. Число методов фиксации и оценки этих признаков постоянно нарастает, среди них — гелиометрические, радиометрические и биолокационные методы.

Ясно, что наибольшая достоверность результатов будет достигнута при совместном использовании всех прямых и косвенных методов оценки современной подвижности разрывных нарушений. И чем качественнее, достовернее будут структурно-тектонические, предварительные исследования, тем надежнее и дешевле станут инженерные изыскания.

При этом целесообразно разделить структурно-геоморфологические исследования, необходимых для инженерных изысканий, на две части: опережающие (превентивные) и сопровождающие эти изыскания. Обособление опережающих исследований даст возможность упростить, а следовательно, и удешевить сами изыскания, одновременно повысив их качество. Использование результатов опережающих исследований при перспективном планировании удешевит строительство и изыскания за счет рационального размещения инженерных сооружений, когда удастся оставить в стороне наиболее опасные тектонические структуры.

Опережающие структурно-геоморфологические исследования должны, очевидно, проводиться повсеместно в горноскладчатых областях или по крайней мере распространяться на территорию, перспективную для первоочередного строительства. Их целесообразно осуществлять в масштабах, совпадающих с масштабами кондиционных геологических съемок, т.е. 1:20000 и 1:50000. Это упростит в дальнейшем при проведении инженерных изысканий сбор и сопоставление разнородных геологических материалов.

При исследованиях в масштабе 1:50 000 сеть опорных геолого-геоморфологических профилей и совмещенная с ней сеть повторных инструментальных измерений современных тектонических движений сгущаются таким образом, чтобы пересечь все разрывные нарушения с активными новейшими и, особенно, молодыми смещениями. Следует отметить, что легенды карт такого масштаба не разработаны, так как опыт их составления крайне мал.

Крупномасштабные (обычно крупнее масштаба 1:25 000) структурно-геоморфологические исследования, осуществляемые в процессе инженерных изысканий или предшествующие им, предполагают решение всех трех поставленных задач. Тектоническое районирование, соответствующее решению первой задачи, представляет собой детализацию районирования, проведенного при опережающих исследованиях. Характеристика строения разрывных зон описывается заново. Поиск участков с опасными современными смещениями заключается в продольной дифференциации крупных разрывов и характеристике мелких, преимущественно опережающих нарушений.

Характеристика разрывных зон предусматривает описание различий в строении крыльев разрыва, строения самой разрывной зоны, ее орорафическую выраженность и соотношение со склонами Поверхности рельефа. У погребенных разрывов необходимо определить мощность, строение

и возраст ненарушенного чехла. Различие в строении крыльев, характер ненарушенного чехла и соотношение разрывной зоны со склонами особенно важны при проведении сейсмического микрорайонирования.

В разрывных зонах целесообразно выделять подзоны сместителя, тектонических клинзев и краевые подзоны аномальной трещиноватости. Тектонические клинья и присутствие нескольких сместителей являются отличительной чертой сложных разрывных зон. Тектонокластические породы подзон сместителя могут классифицироваться по гранулометрическому составу аналогично терригенным осадочным породам [8]. Краевые подзоны аномальной трещиноватости характеризуются убыванием ее густоты к периферии и могут достигать сотен метров. Они в свою очередь делятся на пояса на основании различных количественных характеристик трещиноватости, которые выбираются в зависимости от решаемых инженерно-геологических и гидрогеологических задач [5].

Сложность методики структурно-геоморфологических наблюдений и ее зависимость от региональной геологической специфики требует привлечения квалифицированных кадров. Это обстоятельство, а также значительная продолжительность таких работ, не вписываются в сроки традиционных инженерных изысканий, затрудняют их реализацию в рамках существующих изыскательских организаций. Гораздо эффективнее и качественнее эти работы могли бы выполняться специализированными исследовательскими группами в научно-исследовательских институтах. (Это могут быть институты как системы Госстроя, так и системы Академии наук.) В подобных институтах имеется возможность совершенствования методики работ (например, по плану госбюджетных научно-исследовательских работ) и проведения самих опережающих и сопровождающих изыскания исследований (например, в рамках хозяйственной тематики). Для проведения повторных измерений современных смещений целесообразно привлечение подразделений ГУТКА¹. Последовательное увеличение объемов этих измерений должно быть приведено в согласование с последовательностью проведения опережающих структурно-геоморфологических исследований. Обобщение результатов многолетних измерений целесообразно включить в систему (банк данных) материалов режимных наблюдений.

¹ В составленной институтом ЦНИИГАиК по поручению ГУТК программе дальнейшего развития нивелирной сети СССР в качестве одной из главных задач предусматривается повторение отдельных нивелировок для изучения развития высокоточного нивелирования на геодинамических полигонах. Сбор и систематизация материалов нивелирования предполагается в вычислительных центрах ГУТК и его предприятий.

Литература

1. Дзеваньский Я., Комаров И.С., Молоков Л.А. и др. Инженерно-геологические исследования при гидротехническом строительстве. М.: Недра, 1981. 352 с.
2. Леггет Р. Города и геология. М.: Мир, 1976. 560 с.
3. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М.: Недра, 1968. 484 с.
4. Николаев Н.И., Набмарк А.Л. Типы геоструктур и типы тектогенеза новейшего этапа развития Земли: (По материалам новой неотектонической карты СССР масштаба 1:2500000) // Изв. вузов. Геология и разведка. 1978. № 6. С.3-14.
5. Рац М.В., Чернышев С.Н. Трещиноватость и свойства трещиноватых горных пород. М.: Недра, 1970. 160 с.
6. Строительные нормы и правила. 4П. Нормы проектирования, гл. 8. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях (СНиП П. 8-78). М.: Стройиздат, 1979. 24 с.
7. Строительные нормы и правила. 4П. Нормы проектирования, гл. 15. Основания зданий и сооружений. (СНиП П.15-74). М.: Стройиздат, 1975. 65 с.
8. Тектонические разрывы на участках сейсмического микрорайонирования / А.С.Алешин, И.И.Бархатов, С.А.Несмеянов и др. М.: Наука, 1982. 135 с.
9. Тридюнов В.Г. Позднечетвертичный тектогенез. М.: Наука, 1983. 244 с.

УДК 624.131

ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ ГОРОДОВ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Н.Т.Барсуков

Развитие городов и возникновение новых населенных пунктов происходит настолько бурно, что при проектировании и строительстве часто не уделяется должного внимания окружающей среде и, в частности, геологическим условиям. Инженерная геология призвана служить отправным пунктом градостроительства, так как без знания геологических условий района, подлежащего застройке, рациональное планирование исключено. Это обстоятельство тем существеннее, что с течением времени под застройку отводятся все менее подходящие со сложными условиями участки и пренебрежение геологическими данными или их недостаточность наносят серьезный экономический ущерб.

Научно-техническая революция привела к усилению воздействия человека на природную среду, особенно в городах и промышленных районах, которые являются основной средой обитания и жизнедеятельности человека. С этим в свою очередь связано и разнообразие видов воздействия человека на природную среду. Природная среда и города едины и взаимосвязаны. Приспосабливая к своим потребностям природную обстановку, человек активно вмешивается в нее. В городах и промрайонах изменяются почти все компоненты природной среды, входящие в сферу влияния человека. С изменением природной среды связано формирование широкого

спектра антропогенных геологических процессов, которые оказывают влияние на окружающую среду и градостроительную практику.

Схема антропогенных воздействий и изменений геологической среды (особенно городов) весьма сложная – от целевых до стихийных, от глобальных до региональных, от точечных до площадных и т.д. Вещественный состав антропогенных отложений весьма разнообразен. По способу образований это свалочные отсыпки; специальные укладки и стихийные накопления; седиментация – механическая, химическая, биогенная и др.

Приморский край начал интенсивно осваиваться человеком немногим более 100 лет, но и за этот период здесь отмечается значительное воздействие человека на природу. Наличие в северо-восточной части Владивостока на побережье Уссурийского залива городской свалки мусора наносит огромный вред окружающей среде за счет непрекращающегося горения мусора, биологического загрязнения продуктами гниения. По санитарным нормам ее расположение на полуострове Муравьева-Амурского вообще недопустимо. Оговаривалось, правда, что существовать новая свалка должна не более пяти (!) лет. Однако с самого начала построенная без заградительных сооружений городская свалка за истекшие 20 лет нанесла и наносит невосполнимый ущерб природной среде. Стоит только задуматься, сколько тонн ушло за это время в воды залива. Загрязнение атмосферы, порча земель побережья, выброс тысяч тонн опасных отходов в бухту экологически недопустимы. Принятый с большими недоделками и неукомплектованным оборудованием мусоросжигательный завод так и не вышел на проектную мощность. Принимать и перерабатывать отходы промышленных предприятий завод не в состоянии.

Владивосток и город-порт Находка размещаются на горном рельефе с муссонным климатом. Нередко на юг Приморья обрушиваются тайфуны с сильными, а порой катастрофическими ливнями, после которых в городе парализуется работа городского транспорта за счет смыва огромного количества грунта, который, смещаясь в пониженные участки рельефа, образует отложения временных потоков в виде водонасыщенной грязекаменной массы. Каждый такой ливень наносит городам большие убытки, и происходит это по причине некачественного проектирования.

Разумеется, возникновение такого грязевого потока невозможно без потенциальных источников, а именно – разрушенных горных пород, залегающих на горных склонах. Меры борьбы с такими геологическими процессами существуют, и они должны считаться неотъемлемой частью проекта строительства. В действительности проектировщики ими пренебрегают. Это особенно наблюдается сегодня, в связи с проведением планировочных работ для массовой застройки. Источниками спорадических потоков являются также и стихийные отсыпки грунта из строительных выемок рядом с осваиваемыми территориями, порой достигающие огромных размеров, создающие определенные трудности для очередного расширения осваиваемых строительством площадей; порой такие отсыпки достигают мощности 10–20 м.

В настоящее время строительство во Владивостоке и Находке в значительной мере осуществляется на горных склонах, сложенных скальными трещиноватыми породами. Планировочные работы ведутся как строительными механизмами, так и взрывами, причем ограничение силы взрывов производится, пожалуй, только с учетом близости жилых и производственных зданий, да и то не всегда, состояние геологического массива, претерпевшего определенные техногенные изменения, не изучается. Проектировщики и строители считают наличие в основании фундаментов скальных трещиноватых горных пород (грунтов) весьма надежным критерием прочности. Это глубоко ошибочное мнение приводит к серьезным осложнениям при эксплуатации зданий и сооружений, а порой и к катастрофическим последствиям — обрушениям откосов, горные породы которых находятся во взаимодействии с сооружениями. Ярким примером неиспользования проективщиками рекомендаций инженеров геологов является строительство здания института ДВНЦ АН СССР во Владивостоке.

Инженерно-геологические условия площадки строительства по данным изысканий ПриморТИСИЗа сложные. Под рыхлыми делювиально-элювиальными отложениями (0,5—1,5 м) залегают разные по генезису и составу коренные породы: порфириды и их туфы, фельзиты, спиллиты от слабо до сильно трещиноватых в разной степени выветрелые. Исследованиями выявлена и прослежена зона тектонического разлома. Скальные породы здесь сильно перемяты, раздроблены, местами выветрелые до состояния рыхляков. Сильная природная трещиноватость пород массива и его откоса снижает несущую способность и устойчивость откоса, круто обрывающегося к морю. Это особенно важно на участке нестабилизированного скального откоса, входящего в сферу воздействия строящегося объекта, тем более, что в комплексе здания имеются значительные сосредоточенные нагрузки. Материалами изысканий рекомендовалось осуществить строительные мероприятия по упрочению пород тектонического нарушения.

Рекомендации изыскателей не были учтены, что привело строительство к аварийному состоянию. Нарушенные и обнаженные породы откоса начали бурно подвергаться выветриванию, за этим последовали осыпи и бровка откоса оказалась у периметра фундаментов. Строительство было приостановлено и потребовалось проведение инженерно-строительных мероприятий по укреплению пород откоса; строительный объект оказался долгостроем.

Проектировщики, как правило, не учитывают наличие техногенной разгрузки в геологическом массиве, а она, как известно, фиксируется только в процессе уборки взорванной породы. Скальный массив практически не разгружается до тех пор, пока он находится под пригрузкой. Снятие пригрузки вызывает немедленную реакцию, происходит приоткрывание старых и образование новых трещин. Естественно, что мощность и характер зоны техногенной разгрузки зависят от степени трещиноватости и дробления пород массива, интенсивности выветривания, глубины вскрытия котлована, способа производства взрывных работ, наличия

зон тектонических разломов. Однако нельзя пренебрегать и малозначительными плоскостями, если они способны изменить устойчивость массива пород, так как порой одна трещина может способствовать обрушению крупного скального склона (откоса). С целью предупреждения критических ситуаций, необходимо проектирование укрепительных мероприятий после проведения взрывных работ (цементации, дренажей, контролфорсов, анкеровки и др.). Анализ опроса специалистов большого числа производственных, проектных, научных организаций СССР, связанных со строительством и выполняющих расчеты устойчивости скальных откосов, сложенных трещиноватыми скальными породами, показал, что структура геологического массива — определяющий фактор расчета его устойчивости, а наиболее важными параметрами являются ориентация трещин и прочность на сдвиг по ним.

Недостаточная во Владивостоке ливневая и хозяйственная канализация, отсутствие очистных сооружений, наличие морских сооружений, промпредприятий, фортификационных укреплений, неплановых свалок, отсыпок, устройство и эксплуатация гидрозолотоотвалов тепловых электростанций и др. наносят значительный урон окружающей среде, ухудшают инженерно-геологические условия. Отсутствие необходимой очистки хозяйственно-бытовых сбросов в море (Амурский залив) привело к тому, что залив превратился в зараженный водоем, купание в котором запрещено.

Владивосток, расположенный на южной оконечности полуострова, лишен организованного отдыха на морском побережье — и это в столь благоприятных для региона климатических условиях. Защиту и охрану воспроизводимых природных ресурсов, находящихся в окрестностях Владивостока и других городов и населенных пунктов Приморья, следует рассматривать как задачу особой важности.

В горно-добывающих районах Приморья при добыче и обогащении руд цветных металлов накапливаются "хвосты", содержащие токсичные элементы как в самих обогащаемых рудах, так и в реагентах обогащения. Дамбы хвостохранилищ фильтруют промышленные воды, которые без надлежащей очистки сбрасываются в естественные водоемы, неся смерть всему живому. Повсеместно в этих районах производятся планировочные работы на горных склонах, оживляя стабилизировавшиеся в свое время осыпи, создавая благоприятные условия разгрузки подземных вод, что приводит в зимнее время к наледным образованиям. Это особенно характерно на участках прокладки автомобильных дорог и строительства гаражей.

Во всем Приморье, за редким исключением, нет специальных очистных сооружений промышленных вод. Сброс недостаточно очищенных вод кожевенной промышленности в реку Раздольную (г. Уссурийск), впадающую в Амурский залив, ежегодно приводит к массовой гибели промысловой рыбы, заходящей в этот водоток.

Фактов грубейшего вмешательства в окружающую среду можно приводить достаточное множество. Все они свидетельствуют о том, что строительство и развитие городов и промышленных поселков ведется без достаточной

прогноза использования естественной среды. Наличие в поселке городского типа Дальнегорске горнорудной промышленности и химических предприятий ставит настоятельные проблемы не только сохранения окружающей среды, но и возможности существования жилых кварталов.

Значительное вмешательство в окружающую среду края вносит отработка угольных месторождений открытым способом. К примеру, на Павловском угольном разрезе севернее г. Уссурийска из всех водопонижающих скважин ежесуточно откачивается до 40–50 тыс. м³ карьерной воды, которая сбрасывается в реку Абрамовку, входящую в бассейн озера Ханка. Депрессионная воронка в районе карьера достигла нескольких километров, в результате чего в водозаборных колодцах сел исчезла вода; произошел отрыв капиллярной влаги и сельхозземли потеряли свое плодородие; изменился гидрологический режим и химический состав воды р. Абрамовки, по всей долине происходит значительное заболачивание; происходит переориентирование подземного потока.

С целью упорядочения инженерных изысканий и решения проблем инженерной геологии существующих и проектируемых городов необходимо:

1) все виды инженерных изысканий сосредоточить в территориальных изыскательских организациях. Это положение создаст благоприятные возможности для улучшения качества, сокращения сроков проведения изысканий, их систематизации и обобщения. Существующая же разрозненность в деле изысканий допускает существенные недостатки, вот почему часть проектных решений выполняется без полного учета природной обстановки. Для своевременной и качественной инженерно-геологической информации необходимо опережение в выполнении изысканий по районам, намечаемым для строительства;

2) создать при территориальных изыскательских организациях отделы НИИ, в задачи которых должны войти: режимные стационарные наблюдения за эксплуатацией уникальных зданий и сооружений (в том числе, гидрогеологические, геологические, гидрологические, геоморфологические, климатические и др.). К сожалению, в настоящее время стационарные наблюдения, этот логичный и наиболее дешевый порядок исследований, не находят должного применения в практике комплексных инженерно-геологических работ. Если мы заинтересованы в строгом планировании городов, в расширении или перестройке старых городов и хотим делать это наилучшим образом, то без детального знания природной среды не обойтись, а это значит—нужно создавать отделы НИИ по детальному изучению окружающей среды и составлению прогнозов ее изменения.

Основа борьбы с развитием негативных процессов заключается в составлении надежных прогнозов изменения гидрогеологических и инженерно-геологических условий и развития геологических процессов на достаточно длительный (эксплуатационный) срок; проектировании зданий и сооружений с учетом этих прогнозов; организации стационарных наблюдений за изменением среды с целью проверки оправданности прогнозов

и внесении в них необходимых коррективов; своевременном осуществлении защитных мероприятий на территории.

В настоящее время проблеме составления прогнозов уделяется недостаточное внимание. Так, не осуществляются в полной мере защитные мероприятия, направленные на снижение влияния деформаций, предусмотренных СНиПами, на эксплуатационную пригодность зданий и сооружений.

Для того чтобы избежать такого положения в дальнейшем, необходимо проанализировать и обобщить материалы наблюдений, если таковые имеются, если они отсутствуют, то необходимо незамедлительно организовать их; составить карты инженерно-геологического районирования территории; изучить эффективность мероприятий, применяемых в современной практике для борьбы с развитием геологических процессов; разработать на основании проведенного анализа и научных проработок надежные методы прогнозирования геологических процессов, рациональные формы и организации стационарных наблюдений.

УДК 624.131

ПОДТОПЛЕНИЕ КАК ОДНА ИЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ РАЗВИТИЯ г.МОСКВЫ

Л.Ф.Соколова, К.Н.Ненарокова, О.В.Галковская

Одной из важнейших проблем города является борьба с подтоплением застраиваемых территорий, так как этот процесс вызывает ряд неблагоприятных явлений для строительства и эксплуатации городских, промышленных и подземных сооружений (затопление подвалов зданий, увлажнение грунтов оснований сооружений, их осадку, интенсификацию оползневых и карстово-суффозионных процессов). В полной мере этот процесс проявился в последнее десятилетие в Москве, что вызывает целый ряд проблем в развитии столицы.

Разработки по этим проблемам проводятся многими научными организациями (ПНИИИС, ВНИИ ВОДГЕО, ВСЕГИНГЕО, Институтом литосферы АН СССР), которые изучают причины, факторы подтопления, закономерности его развития, характер распространения. Для решения этих вопросов проводится инженерно-геологическая типизация геологической среды и градостроительных (инженерно-хозяйственных) условий, решается проблема прогнозирования подъема уровня грунтовых вод (подтопления) и возникновения верховодки. Указанные задачи необходимы для обоснования и выбора защитных мероприятий для борьбы с отрицательным воздействием подземных вод на устойчивость сооружений и на возникновение неблагоприятных геологических процессов.

В настоящее время в отделе охраны окружающей среды НИИПИ генплана Москвы в секторе инженерной подготовки территорий и охраны геологической среды проведена работа по изучению процесса подтопления в Москве. Эта работа, с одной стороны учитывала результаты перечисленных исследований, с другой — анализировала в ретроспективном аспекте раз-

витие антропогенных нагрузок, которые создавал город на протяжении своей истории. Анализ данных нагрузок проводился на базе материалов, собранных ГлавАПУ и НИИПИ генплана г.Москвы на протяжении многолетней работы, направляющей развитие города.

Был осуществлен анализ инженерной инфраструктуры, дорожно-транспортной сети, освоения подземного пространства, преобразования застройки. Кроме того, учитывались особенности функционального зонирования, показатели плотности, этажности застройки, степень озелененности территории и удельный вес твердых покрытий, а также другие особенности пространственных структур города. Были изучены геологические и инженерно-геологические условия города, их особенности, и, в первую очередь, развитие и накопление техногенного грунта, культурного слоя в исторической части города. Интенсивность процесса подтопления обусловлена с одной стороны историей развития города, характером антропогенной нагрузки, с другой — инженерно-геологическими условиями территории. Анализ и типизация существующих и перспективных нагрузок от типа застройки и плотности инженерных инфраструктур позволили выделить ряд районов в зависимости от степени воздействия на геологическую среду.

Наиболее сильное воздействие происходит в районе исторического центра города в пределах Садового кольца, а также в крупных промзонах. Это связано с длительным освоением территории, результатом которого является высокая плотность разнохарактерной застройки, большая площадь асфальтовых и каменных покрытий, неизбежность освоения подземного пространства, строительство новых зданий и сооружений, реконструкция инженерной инфраструктуры в зоне техногенного слоя.

По интенсивности нагрузок выделяется центральная часть города в пределах третьего кольца с некоторым развитием к югу. Кроме того, сюда могут быть отнесены: северная часть наиболее старого восточного промрайона, который характеризуется многократной реконструкцией сооружений, устройством большого количества железнодорожных подъездных путей, освоением подземного пространства; северо-западный район, тяготеющий к долине реки Москвы и отличающийся размещением большого количества влагоемких предприятий и интенсивным осуществлением многоэтажного жилищного строительства; юго-западный район, застроенный в период 1960—70 гг., а также районы периферийного пояса в южной части Москвы, жилая застройка которых имеет высокую плотность и этажность, а промышленные зоны включают влагоемкие предприятия и обширное развитие инженерной инфраструктуры.

Особо следует отметить нагрузки, создающиеся в местах размещения современных многопрофильных влагоемких промышленных зон и в первую очередь в южной части восточного промрайона, и на севере, где постоянно формируется новый северный промрайон.

В целом градостроительная нагрузка освоенной части города оказы-

вает умеренное воздействие, характерное для всех новых городов последних двух десятилетий.

Городские леса и лесопарки, а также крупные парковые массивы могут рассматриваться как территории, где фактически отсутствуют градостроительные нагрузки на геологическую среду.

Изучение геологических и гидрогеологических условий Москвы и анализ их влияния на процесс подтопления позволили провести их систематизацию, в результате которой было выделено по характеру подтопляемости три комплекса природных условий: природно-подтопленные, потенциально подтопляемые и неподтопляемые.

К первому комплексу отнесены территории, подтапливаемые в естественном состоянии. Характерным определяющим признаком его является естественная обводненность верхних слоев отложений с глубиной залегания грунтовых вод до 3 м. Это восточные районы Москвы и поймы рек Москвы и Яузы с равнинным рельефом, с понижениями, слабой дренируемостью, сложенные в основном аллювиальными и флювиогляциальными песками, подстилаемые на небольшой глубине коренными суглинками. Иногда встречаются участки на моренных плато севера Москвы, где мощность суглинков сокращается до 3-4 м и уровень грунтовых вод повышается до 1-3 м.

Природные условия второго комплекса определяют возможность и интенсивность развития подтопления при воздействии техногенных режимобразующих факторов. Глубина залегания грунтовых вод на этой территории более 3 м. Типичным для комплекса является наличие в составе покрывающих пород слабопроницаемых суглинков, на которых в силу разности коэффициентов фильтрации возникает накопление влаги, что и приводит к увеличению влажности грунтов, их полной насыщенности, а со временем к подъему уровня грунтовых вод.

По степени и характеру потенциальной подтопляемости на территории Москвы можно выделить три типовых разреза.

I - моренные плато, сложенные с поверхности покровными и моренными суглинками мощностью до 10-15 м, приуроченные преимущественно к юго-западной части. Водоносным является надъярский горизонт с глубиной залегания более 10 м. Спорадические воды в толще морены приурочены к линзам опесчаненных разностей и залегают локально на разной глубине. В покровных отложениях имеет место верховодка. При интенсивном освоении этого района в результате увлажнения суглинков до полного водонасыщения возможно формирование техногенного водоносного горизонта в опесчаненных разностях.

II - моренные плато, сложенные моренами разного возраста с горизонтом небольшой мощности водоносных флювиогляциальных песков. Чаще всего воды напорные (1-2 м выше подошвы морены) и залегают на глубине до 5 м. Это локальные участки на юге Москвы, которые будут более интенсивно подтапливаться за счет техногенного обводнения, ведущего к подъему уровня грунтовых вод и сокращению зоны аэрации.

III - флювиогляциальные равнины, примыкающие к долинам рек Москвы и Яузы и их притоков. Это преимущественно северный сектор Москвы и частично юго-западный и южный, осваиваемые городом с начала века. Территория сложена с поверхности пылеватými и глинистыми песками, мощностью до 7-8 м, подстилаемыми моренными суглинками. Грунтовые воды безнапорные и залегают на глубине от 3 до 7-10 м.

При техногенном увлажнении в силу неоднородности пласта инфильтрующаяся вода может задерживаться в зоне аэрации на слабопроницаемых линзах и впоследствии способствовать повышению уровней грунтовых вод. Но в силу большой дренированности этих отложений, повышение будет менее значительным, чем для предыдущего района.

К неподтопляемым районам относятся территории Москвы, приуроченные к доливному комплексу 2 и 3 надпойменных террас, исторически сформировавшиеся в результате освоения на протяжении более чем 8 веков. Террасы сложены мощной хорошо дренируемой песчаной толщей до 15-20 м. Глубина залегания грунтовых вод более 5 м. В толще песков встречаются линзы супесей и суглинков, на которых возможно образование локальных водоносных горизонтов, не приводящих впоследствии к повышению уровня грунтовых вод. Для данного комплекса характерно залегание с поверхности техногенных грунтов, включающих культурный слой мощностью до 20 м и более, где также может происходить формирование локальных водоносных горизонтов, воды которых обладают повышенной агрессивностью.

Анализ схемы потенциальной подтопляемости и проектных предложений по развитию города, разрабатываемых в генеральном плане, позволил оценить изменение гидрогеологической обстановки и дать прогноз подтопляемости территории Москвы на 2010 г. Наиболее существенные изменения ожидаются в юго-западной части периферийного пояса Москвы (потенциально подтопляемые территории), где предполагается дальнейшее развитие застройки и интенсификация использования территорий промышленных зон, что приведет к сильному воздействию на геологическую среду. Здесь следует ожидать развития техногенного обводнения верхней части четвертичных отложений и образования новых водоносных горизонтов. Процесс обводнения может усилиться при проектируемой засыпке оврагов и малых водоемов. Кроме того, намеченное здесь схемой обводнения создание водоемов и прудов может усугубить процесс подтопления.

В северной части Москвы возможно локальное подтопление, наиболее существенное для интенсивно осваиваемых промышленных зон. В пределах долинного комплекса при сохранении существующих объемов и функционального назначения застройки существенных изменений гидрогеологических условий не предполагается. Однако на этой территории распространены техногенные грунты (особенно в пределах Садового кольца), поэтому она должна рассматриваться как наиболее неустойчивая при дальнейшем освоении. Планируемое строительство, реконструкция инженерной инфраструктуры, интенсивное освоение подземного пространства могут привести к дополнительному увлажнению этих грунтов и снижению их несущей

способности, что неизбежно отразится на состоянии исторической застройки в центральной части города.

Особо следует выделить западный район, где сочетание геологического строения и интенсивности техногенных нагрузок уже сейчас привело к активизации карстово-суффозионных процессов. Планируемое на перспективу использование этой территории не исключает опасности возникновения этих явлений в будущем.

Наиболее значительные изменения гидрогеологических условий ожидаются на резервных территориях, размещенных за МКАД. В результате проектируемой застройки районы Бутово, Солнцево, пос.Северный могут быть подтоплены. На территории Косино-Жулебино, большая часть которой находится в природно подтопленном состоянии, при дальнейшем освоении будет происходить активизация этого процесса на локальных потенциально подтопляемых участках.

Учитывая существующую тенденцию развития процесса подтопления, необходимо предусмотреть дополнительные мероприятия и ассигнования на защиту сложившейся застройки, а также учесть опасность этого явления при определении функционального зонирования вновь осваиваемых и реконструируемых районов.

УДК 624.131.1

К ПРОБЛЕМЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ МЕЛИОРАЦИИ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

А.Т.Юнусходжиев, П.П.Нагевич, Н.Т.Тахиров

Возрастающие темпы развития орошаемого земледелия в Узбекистане, в частности освоение Голодной Степи, привели к коренному изменению естественно-исторического гидрогеологического процесса. Нарушение режима подземных вод характеризуется интенсивным подъемом УГВ, вызванным приуроченностью орошаемых зон к равнинным территориям с замедленным подземным стоком. Это приводит к ухудшению мелиоративного состояния земель, развитию процессов подтопления городских и застраиваемых территорий [1, 2].

При проектировании освоения и орошения Голодной Степи развитие нарушенного режима было спрогнозировано. Разработаны гидрогеолого-мелиоративные мероприятия для предотвращения ухудшения мелиоративного состояния орошаемых земель (без учета населенных пунктов). Обоснование мелиорации последних производилось автономно, вслед за освоением целинных земель [2].

Таким образом, возникла проблема регулирования гидрогеологического процесса на территории городов в зоне орошаемого земледелия. Эта проблема определяет новые требования к автономному моделированию фильтрационных полей. Хотя тенденции гидрогеологических процессов, приводящих к ухудшению мелиоративного состояния орошаемых земель и городов,

совпадают, крупномасштабность исследований, специфика граничных условий и локализация городов на фоне регионального потока подземных вод требуют пересмотра существующих методик по разработке гидрогеологических моделей.

В первую очередь при составлении расчетных моделей фильтрации должны быть учтены следующие основные факторы:

- критическая глубина залегания УГВ, которая является основным критерием оценки мелиоративного состояния земель;
- глубина заложения фундаментов зданий, водопроводных, канализационных и других коммунально-бытовых сооружений, которая является критерием оценки благополучия мелиоративного состояния городских и застраиваемых территорий и определяется нормой осушения;
- локальное и региональное положение изучаемого объекта.

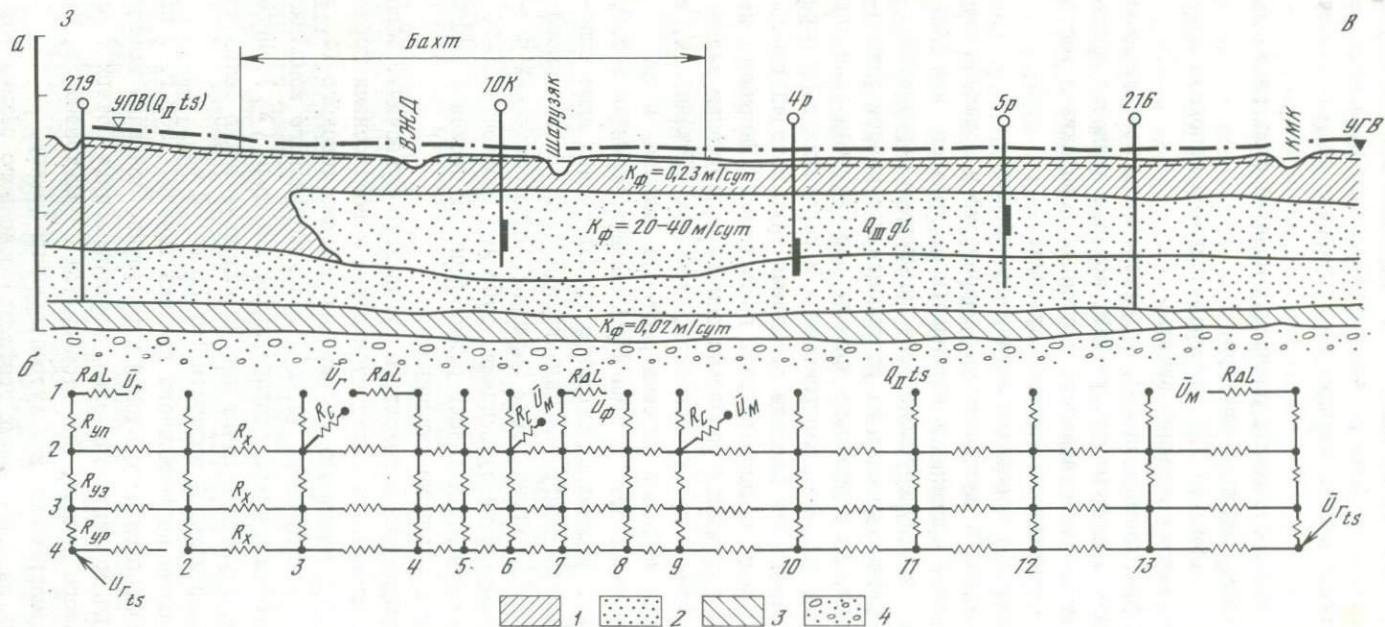
Для осушения городских и застраиваемых территорий в основном рассматривается возможность применения вертикального дренажа как компактного, автономного и регулируемого типа инженерных мероприятий. Расчеты проводятся для различных схем их расположения с учетом физико-географических условий. До настоящего времени при расчетах схем вертикального дренажа для осушения застраиваемых и городских территорий не учитывались окружающие эти площади орошаемые сельскохозяйственные земли, что привело к ряду неблагоприятных последствий. Например, излишнему снижению УГВ в пределах орошаемых земель и нарушению заданного водно-солевого режима в культурном слое, снижению урожайности, затруднению водоснабжения корневой системы растений (хлопка) и др.

Анализ эффективности работы системы вертикального дренажа в г. Гулистане за 1963-85 гг. показал справедливость изложенных выше выводов. Гулистан - областной центр. Площадь города 1,03 тыс. га, расположен на поверхности III террасы реки Сырдарья. Литологический разрез представлен с поверхности суглинками, супесями (мощность 15-20 м), подстилаемыми переслаивающейся толщей разнородных песков с включением гравия и гальки с плотными суглинками.

Грунтовые воды приурочены к покровным суглинисто-супесчаным образованиям, которые подстилаются снизу субнапорными водоносными горизонтами в разнородных песчаных отложениях голодностепского ($Q_{III\Gamma 1}$), ташкентского ($Q_{III ts}$), сохтского ($Q_{I sh}$) и сохнеогенового комплекса ($Q_{I sh} + N_2$). Водупором принято считать глины плиоцена (N_2). Перечисленные водоносные горизонты имеют тесную гидравлическую связь через разделяющие слои различной мощности (от 20 до 60 м).

При обосновании схемы вертикального дренажа города (1963 г.), после катастрофического подтопления городской территории, основным источником развития процессов подтопления считались фильтрационные потери с Кировского магистрального канала. При этом приток с сельхозземель, окружающих город, рассматривался как второстепенный фактор.

Нами проведен анализ совмещенных графиков уровня режима подземных вод, водоподдачи на орошение и суммарного отбора системой вер-



Р и с. 1. Гидрогеологический профиль (а) и электрическая схема модели (б)

1 - суглинок ($q_{\text{III}} g \ell$); 2 - пески ($q_{\text{III}} g \ell$); 3 - суглинок ($q_{\text{II}} \ell s$); 4 - песок с гравием ($q_{\text{II}} \ell s$); $R_{\text{уп}}$, $R_{\text{уз}}$, $R_{\text{уп}}$ - электрические сопротивления покровного, эксплуатационного, разделяющего слоев; $R_{\text{дЛ}}$, $R_{\text{с}}$ - учет несовершенства водотоков и скважин; $\bar{U}_{\text{Г}}$, $\bar{U}_{\text{ТС}}$, $\bar{U}_{\text{М}}$ - напряжения: граничные (Г), субнапорного горизонта (ТС), с учетом осушения (М)

тикального дренажа города Гулистана. При этом использованы данные по режимным скважинам, расположенным за пределами города, на расстоянии от 1 км до 21 км (рис. 1-2).

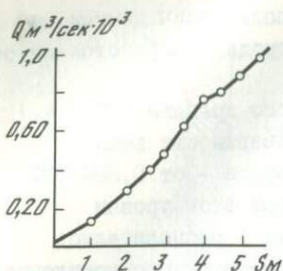
До начала функционирования системы вертикального дренажа (1963 г.) УГВ в пределах города составлял 0,80-0,35 м от поверхности земли, амплитуда колебания - 0,46 м; УГВ за пределами города - от 0,80-1,95 до 2,0-2,85 м, амплитуда колебания - 1,1-2,5 м. При этом уровни субнапорных вод голодностепского комплекса (Q_{IIIgl}) располагались выше УГВ на 1,0-1,4 м, а уровни субнапорных вод ташкентского комплекса (Q_{IIts}) - 1,25 м.

Снижение уровня подземных вод по всем наблюдательным кустам за пределами города наблюдалось сразу после включения системы вертикального дренажа города (см. рис. 1). Так, УГВ в пределах города в 1965 г. снизился в среднем по сравнению с 1963 г. на 0,28 м, а за пределами города на расстоянии 1, 9 и 21 км - на 0,75; 0,70 и 0,20 м соответственно. Уровни субнапорных вод снизились соответственно на 0,55, 0,40, 0,25 м (Q_{II}) и на 0,30; 0,15 и 0,05 м (Q_{III}).

Катастрофическое положение создалось в городе в 1969 г. Оно было вызвано высокой водообильностью этого года; были затоплены все подвальные помещения зданий и наблюдалось площадное выклинивание грунтовых вод в пониженные участки города. Были приняты экстренные меры по осушению городских территорий. В 1969 г. число рабочих скважин составило 19, а в 1970 г. - 27. Суммарный водоотбор в 1969 г. - 48542,11, в 1970 г. - 65784,96 м³/сут. Снижение УГВ в среднегодовом разрезе в пределах города в 1969 г. составило 0,88, в 1970 г. - 0,94 м, при этом УГВ в пределах города находился на глубине 1,74 м. Такое положение УГВ в пределах города было недостаточным для улучшения мелиоративного состояния территории в целях удовлетворения нужд коммунального хозяйства. По этой причине число рабочих скважин вертикального дренажа города постоянно возрастало и к 1980 г. суммарный водоотбор составил 83980,8 м³/сут. при 41 рабочей скважине.

Рост суммарного водоотбора вполне закономерно вызвал понижение УГВ в пределах города. Причем, УГВ в пределах города снизился незначительно по сравнению с уровнем субнапорных вод за пределами города. Это объясняется более тесной взаимосвязью грунтовых вод с поверхностным стоком (каналы и коллекторы) и инфильтрацией оросительных вод. Указанные выше положения по низкой эффективности дренажа городских территорий можно наблюдать повсеместно в пределах Голодной Степи.

К инженерно-геологическим последствиям процесса подтопления городских и застраиваемых территорий относятся осадки и, реже, просадки фундаментов зданий, формирование суффозионных процессов, нарушение естественных инженерно-геологических свойств пород и др. Например, при подъеме УГВ вследствие насыщения зоны аэрации, грунты с высоким содержанием пылеватых частиц (в основном лессовидные суглинки и супеси)



Р и с. 2. График зависимости $Q=f(s)$ при решении профильной задачи

увеличивают вязкость, пластичность и др. В дальнейшем при применении вертикального дренажа формирование депрессионных воронок приводит к просадке поверхности земель, формированию суффозионных воронок и др. Для избежания перечисленных негативных последствий инженерно-мелиоративными мероприятиями по осушению городских и застраиваемых территорий должны быть предусмотрены:

- учет окружающей городскую территорию гидродинамической системы в плане и в разрезе;
- оценка взаимосвязи напорных и грунтовых вод;
- возможность уменьшения развития депрессионной кривой осушительного дренажа за пределами города для предупреждения нарушения заданного водно-солевого режима орошаемых земель;
- изменение инженерно-геологических, водно-физических свойств грунтов;
- возможность использования дренажных вод для нужд народного хозяйства.

Для объективного и полного обоснования инженерно-мелиоративных мероприятий необходимо использовать региональное среднемасштабное гидрогеолого-мелиоративное районирование, создание региональных, локальных крупномасштабных автономных моделей гидрогеологического процесса на АВМ и ЭВМ, а также постояннодействующих моделей, обеспечивающих управление техногенными гидрогеологическими процессами.

Литература

1. Нагевич П.П., Магдиев В.У., Юнусходжиев А.Т. Гидрогеологические аспекты оценки эффективности действия КДС Голодной Степи. Ташкент, 1986. 35 с.
2. Юнусходжиев А.Т. Пути повышения эффективности гидрогеолого-мелиоративных мероприятий и использования водных ресурсов (подземных вод) в пределах Голодной Степи // Тез. к докл. науч.-теорет. конф. молодых ученых-геологов. Ташкент. 1987. С.41-43.

ОЦЕНКА УЩЕРБА, НАНЕСЕННОГО СЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ (ТАРНОБЖЕГСКОЕ ВОЕВОДСТВО, ПНР)

Я.Дзеваньски

Оценка экономического ущерба, наносимого деятельностью серной промышленности Тарнобжегского воеводства, представляется сложной. Основные трудности здесь сводятся к следующему. Во-первых, отсутствуют режимные наблюдения за состоянием и изменением окружающей среды; во-вторых, в настоящее время нет методики оценки суммарного воздействия загрязнения на окружающую среду; в-третьих, даже при возможности измерить в физических величинах ущерб нет разработанных проверенных способов перевода величин в стоимостные показатели.

В экономическом понимании воздействие серной промышленности на окружающую среду наносит ущерб, который частично возмещается самой промышленностью, но большая его часть не находит компенсатора, что не позволяет провести соответствующие защитные мероприятия и в результате приводит к углубляющемуся с каждым годом экологическому кризису.

В настоящее время затраты предприятий серной промышленности на охрану окружающей среды слагают следующие составляющие:

- капитальные вложения в защитные устройства, ограничивающие выделение загрязнений, выбрасываемых в атмосферу, сбрасываемых со сточными и шахтными водами в поверхностные водоприемники, и инфильтрующихся затем в подземные воды;
- затраты на эксплуатацию этих устройств;
- затраты на выкуп и отчуждение земель на территории горного отвода;
- оплата за пользование окружающей средой (выброс пыли, газов, забор воды, сброс сточных вод, складирование отходов);
- оплата за ущерб, наносимый горнодобывающими работами;
- штрафы за превышение допустимых нормами или разрешениями концентраций загрязнений, удаляемых в процессе добычи и переработки серной руды.

Качественно ущерб, наносимый населению и обществу в целом (так называемый "социальный ущерб"), выражается в следующем:

- деградация почв, снижение их продуктивности, ухудшение качества поверхностных и подземных вод, что приводит к сокращению рекреационных территорий, снижению экологического комфорта и отрицательно влияет на здоровье человека;
- затраты на восстановление производственного сельскохозяйственного или лесохозяйственного потенциала деградированных или разрушенных земель после окончания горнодобывающих работ (часть этих затрат ложится на серную промышленность);
- затраты на восстановление нарушенных гидрогеологических и гидрографических условий, позволяющих вести сельское или лесное хозяйство. В

случае нарушения гидрохимических свойств — затраты на подачу с прилегающих территорий соответствующего количества воды требуемого качества; — практически невозможная утрата некоторых видов минерального сырья, залегающего как сопутствующее в серной руде, вследствие неправильного формирования отвалов при открытом способе добычи.

Целью настоящей работы является оценочное определение как измеримой (предотвращенный ущерб), так и неизмеримой (непредотвращенный ущерб) стоимости изменений окружающей среды на территории воздействия серной промышленности в Тарнобжегском воеводстве.

В группе измеримого ущерба был проанализирован его размер в отдельных составляющих среды, т.е. на поверхности территории, в сельскохозяйственной и лесной среде, а также среде поверхностных и подземных вод.

В группе неизмеримого ущерба описаны те его виды, оценку которых на теперешнем этапе изученности дать трудно, хотя его размер (например, здоровье людей) может превышать представленный в группе измеримого ущерба. Этому описанию предшествует качественная характеристика исследуемой окружающей среды.

Серный карьер и завод в Гжибове произвели в 1966–85 гг. отчуждение 215 жилых и хозяйственных строений стоимостью 49,77 млн злотых. Карьер и завод по переработке серы в Тарнобжеге в 1985 г. произвели отчуждение 41 хозяйства на сумму 307,7 млн злотых, т.е. средняя стоимость хозяйства составляет 7,5 млн злотых. Всего к настоящему времени отчуждено около 550 строений и хозяйств. Стоимость воссоздания жилого фонда после сноса 550 жилых домов, принимая средний метраж квартиры 50 м² и стоимость 1 м² равной 80 тыс. злотых (исходя из уровня цен 1985 г.), составит 2 200 млн злотых. При общем жилищном кризисе в стране снос жилых домов представляет собой не только финансовую проблему, но и влечет за собой ухудшение положения в жилищном хозяйстве.

К концу 1985 г. площадь сельскохозяйственных угодий, исключенных из оборота вследствие деятельности серной промышленности, составила около 3,5 тыс. га. Исключенные из пользования земли охватывают почвы различных классов и бонитетов. Для определения размера ущерба приняты средние условия, т.е. так называемые "ржаные земли", с пересчетом на урожай ржи. Согласно статистическому ежегоднику 1986 г., урожай ржи в Тарнобжегском воеводстве в 1985 г. в среднем составили 22,4 ц/га. При площади 3,5 тыс. га это дает зерна ржи 79 тыс. ц в год. При цене 2 200 злотых за 1 ц, ущерб, в пересчете на урожай, составит 173,8 (млн) злотых в год.

Кроме того, превышение допустимых концентраций загрязнений воздуха вызывает уменьшение урожаев на 20%. В районе добычи и переработки серы на площади 1420 км² наблюдается двух- и более кратное превышение допустимых концентраций. Недобор урожаев на этой территории оценивается в 1077,384 млн злотых.

После окончания работ на данной территории занятые серной промышленностью сельскохозяйственные угодья нужно рекультивировать для восстановления их прежней продуктивности. Затраты на рекультивацию составляют около 4,5 млн. злотых/га, что для площади 3500 га потребует вложения 15 750 млн злотых. Площадь лесных угодий, находящихся на территории горного отвода, практически исключенная из нормального лесохозяйственного использования, равна 1335 га.

Леса, находящиеся на расстоянии до 10 км от административных границ городов с населением более 50 тыс. человек или городов, в которых работает в промышленности более 5 тыс. человек, относятся к защитным. За исключением из хозяйственного оборота защитных лесов размер компенсируемого ущерба повышается на 50%. Следовательно, общий ущерб, нанесенный исключением лесных угодий, составит 38,9066 млн злотых в год.

Принято, что 50% этого уменьшения продуктивности лесонасаждений происходит вследствие воздействий карьера и завода по переработке серы, что наносит ущерб 25 740,4 тыс. злотых.

После завершения деятельности предприятий серной промышленности около 1000 га лесных угодий будет нуждаться в рекультивации, при теперешней ее стоимости около 4 млн злотых/га потребуются затраты в размере 4 000 млн злотых.

Загрязнению подвержены также поверхностные воды, общий объем годового стока вод повышенного загрязнения — 10,5 м³/с. В хозяйственных целях без дополнительной обработки используется 15% этого расхода. Восполнение утраченных водных ресурсов возможно путем переброски эквивалентного количества воды из более водообеспеченных районов. Стоимость сооружения водохранилища и водоводов составляет 16 548 млн злотых. Затраты на эксплуатацию этих сооружений не превышают 553 млн злотых. Возможно также за счет применения дорогостоящих технологий мощных очистных сооружений сократить выход загрязненных вод. Ориентировочно ущерб от стока загрязненных вод составляет 10–12 млрд злотых (1985 г.).

Помимо поверхностных вод влияние загрязнения испытывают подземные ресурсы. Пополнение этих ресурсов может происходить путем подачи воды с других территорий. Убыль подземных вод можно считать равной количеству воды, забираемой водопроводом, стоимость которой приблизительно равна 18 злотых/м³ или 9 млн м³. 18 злотых/м³ = 162 млн злотых.

Значительно меньше изучены способы оценки неучтенного (непредотвращенного) ущерба. По разработанной в Чехословакии методике была проведена покомпонентная качественная и количественная (ориентировочная стоимость) оценка окружающей среды, на основании которой выделено несколько классов территорий по состоянию природной среды. Полученная оценка была скорректирована специфическими для Тарнобжегского воеводства показателями. Выявилось, что рассматриваемая территория почти повсеместно имеет неудовлетворительное качество природной среды.

Причины непредвиденного и неизмеренного ущерба таковы:

- выбросы в атмосферу газообразных загрязнений, особенно соединений серы и фтора, разрушают строения и сооружения. Можно считать, что при превышении допускаемой нормами концентрации на 10-20% сокращается срок службы строений и машин, а также стальных конструкций и линий электропередач. Срок службы транспортных средств сокращается на 5-10%;
- выбросы соединений серы оказывают неблагоприятное воздействие на почву, снижая ее продуктивность и обедняя содержание микроэлементами. Необходимые агротехнические мероприятия являются трудоемкими и дорогостоящими;
- воздействие газов и пыли является причиной повреждения листьев и хвои деревьев, а также благоприятствует развитию многочисленных вредителей;
- отчуждение и уменьшение площади лесных угодий вызывают ухудшение микроклимата, снижают воспроизводительные функции леса, ограничивают зону обитания диких животных и птиц, а также возможность выделения кислорода;
- загрязнение промышленными и коммунальными сточными водами поверхностных и подземных вод не только ограничивает возможности использования последних для питьевых и хозяйственных целей, но и влияет на здоровье организмов, пользующихся этими водами. Ущерб может быть неизмеримым по своим последствиям, а отсутствие чистой воды требуемого качества является экологическим барьером - тормозом в экономическом развитии региона, который нельзя преодолеть без огромных затрат;
- отсутствие экологического комфорта, приводящее к ухудшению физического и психического состояния населения, увеличивает его нетрудоспособность, сокращает период продуктивной жизни, ускоряя выход на пенсию или инвалидность;
- неправильное, неразделяемое отбрасывание вскрышных и пустых пород практически исключает возможность будущего использования минерального сырья, сопутствующего серной руде. Этот ущерб не может быть возмещен, поскольку речь идет о ресурсах, возобновляемых в течение геологических эпох. Поиски же их в других местах, помимо экономических затрат, сопряжены с потерей полезных ископаемых и нарушением окружающей среды.

УДК 624.131

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

И.В.Панченко, В.К.Смоляга, Г.Л.Кофф

Интенсификация промышленного развития страны выдвигает повышенные требования к охране окружающей среды и оптимизации природопользования. При экономической оценке природных ресурсов может быть эффективно использован статистический метод. Для долговременной оценки природных

ресурсов применимы дисконтные нормы, принятые в целом по народному хозяйству.

Основным механизмом оптимизации природопользования является экономическая оценка природных ресурсов. Предметом оценки является при этом общественная потребительная стоимость природных благ, целью — отражение объективных различий природного качества ресурсов, а критерием оценки природных ресурсов служит величина ожидаемого экономического эффекта от их эксплуатации в виде экономии общественного труда — дифференциального (рентного) дохода.

До настоящего времени не достигнуто единство взглядов по методическим вопросам исчисления показателей дифференциального (рентного) дохода. Неоспорим принцип количественного выражения этого дохода как величины превышения общественно необходимых затрат (ОНЗ) над индивидуальными затратами на получение единицы продукции при эксплуатации оцениваемых ресурсов. При этом под ОНЗ понимается величина предельно допустимых общественно нормальных затрат на эксплуатацию необходимых для народного хозяйства естественных ресурсов, которые находятся в относительно худших природно-экономических условиях. Величина этих затрат определяет своеобразную границу общественного признания потребительной стоимости природных ресурсов. Потребительные стоимости, лежащие за этой границей, рассматриваются как потенциальные, предложение которых на данном отрезке времени превышает потребности общества в ресурсах данного качества. Сложность состоит в определении конкретных значений предельно допустимых народнохозяйственных затрат.

В условиях капитализма допустимый предел затрат на эксплуатацию естественных ресурсов определяется уровнем регулирующих рыночных цен на продукцию первичных отраслей материального производства, величина которых устанавливается через механизм рыночной конкуренции. Регулирующая рыночная цена (общественная цена производства) представляет тот верхний предел затрат, превышение которого не выгодно предпринимателю.

В условиях социализма процесс общественного признания потребительной стоимости природных ресурсов базируется на принципах планового ценообразования. Устанавливаемые на продукцию природоэксплуатирующих отраслей плановые цены не могут служить достаточно адекватной основой для расчета показателей экономической оценки природных ресурсов. Известно, что плановые цены определяют уровень сложившейся общественно необходимой нормы труда, т.е. выступают как средние затраты. Их экономический смысл заключается в сопоставлении суммарного объема необходимой продукции с общими затратами на ее производство.

Использование в ресурсооценочных расчетах цен, ориентированных на средневзвешенные издержки, занизило бы значение экономической ценности естественных ресурсов более высокого и среднего качества, а необходимые для покрытия народнохозяйственной потребности худшие ресурсы получили бы нулевую экономическую оценку.

В силу этого в ресурсооценочных расчетах предполагается перемещать регулирующие издержки от средневзвешенных к предельным (замыкающим). Замыкающие затраты (кадастровые цены) устанавливаются в централизованном порядке и выступают как единые или региональные (зональные) нормативные показатели. Значения экономических оценок являются производными от замыкающих затрат и определяются разностью замыкающих и индивидуальных приведенных затрат на производство продукции. Эта разность в расчете на единицу оцениваемого ресурса и представляет его экономическую оценку. Сейчас уже довольно четко наметились два методических подхода к исчислению замыкающих затрат и, следовательно, определению экономической ценности природных благ: статистический и оптимизационный. Принципиальное отличие между ними состоит в том, что при статистическом подходе оценка дается исходя из существующей потребности в ресурсе данного вида и сложившихся условий его эксплуатации, а при оптимизационном — на основе оптимального плана развития народного хозяйства. В последнем случае показатели экономических оценок природных ресурсов выступают в качестве результирующих компонентов оптимального плана.

Основным достоинством статистического метода оценки является его простота и возможность практической реализации. В настоящее время во многих районах страны с помощью статистического метода проводятся кадастровые оценки отдельных видов естественных ресурсов. Регулирующие (замыкающие) затраты на продукцию природоэксплуатирующих отраслей определяются по предприятиям, "замыкающим" баланс предложения и потребности по соответствующему ресурсу. В земледелии, например, такими "замыкающими" предприятиями являются расположенные в худших природно-климатических районах предприятия товарного сельскохозяйственного производства, которые обеспечивают получение средней нормы необходимого прибавочного продукта при среднем уровне фондовооруженности труда. Сумма усредненной по группе замыкающих хозяйств себестоимости единицы продукции растениеводства и обычного (безрентного) прибавочного продукта составляет величину замыкающих затрат.

Низкий удельный вес затрат на транспортировку продукции растениеводства по отношению к затратам на ее производство позволяет устанавливать единый по стране уровень замыкающих затрат. На лесосырьевые ресурсы регулирующие цены устанавливаются дифференцированно по районам страны и определяются как сумма замыкающих затрат на производство древесины (лесовыращивание и лесозаготовка) и расходов на ее транспортировку потребителям. Аналогично определяются замыкающие затраты и на топливно-энергетические ресурсы.

Однако статистический способ оценки имеет два существенных недостатка. Во-первых, показатели такой оценки характеризуют не потенциальную, а фактическую ценность ресурсов, величина которой зависит и от целого ряда субъективных факторов (отраслевой специализации, режима эксплуатации ресурса, уровня организации и интенсивности труда

и т.д.). Во-вторых, полученные статистическими способами показатели экономической ценности природных ресурсов не могут считаться абсолютными (полными), поскольку они не отражают в достаточной степени всей совокупности народнохозяйственных связей, возникающих при эксплуатации ресурсов. Значения замыкающих затрат на продукцию природоэксплуатирующих отраслей (даже с учетом транспортной составляющей) имеют, в основном, отраслевую направленность и не обязательно выступают как предельные затраты у потребителя этой продукции.

Недостатки статистического способа оценки могут быть преодолены в рамках решений оптимизационных задач. В оптимальном плане двойственные оценки определяют не фактически сложившуюся, а реальную экономическую ценность природных ресурсов, исходя из оптимальных условий их эксплуатации во всех звеньях народнохозяйственного комплекса. Однако эта положительная особенность оптимизационного подхода на современном этапе развития экономико-математических исследований предопределяет и его слабую сторону. Неузвимый в методологическом отношении данный способ оценки, являясь составляющей частью оптимального плана, полностью зависит от условий практической реализации той или иной схемы развития народного хозяйства.

В соответствии с теорией оптимального планирования и функционирования социалистической экономики разработка оптимального народнохозяйственного плана представляет многошаговый итеративный процесс реализации и взаимной увязки комплекса сложных экономико-математических моделей.

В современных условиях практически реализуемы упрощенные оптимизационные модели, основанные на использовании блочных (декомпозиционных) алгоритмов в рамках иерархической структуры управления народнохозяйственным комплексом.

Для упрощенного оптимизационного подхода к оценке природных ресурсов может использоваться концепция, разработанная в Центральном экономико-математическом институте АН СССР [3]. Согласно этой концепции уровень регулирующих (замыкающих) затрат определяется из двойственного решения экономико-математических моделей оптимизации территориально-производственных комплексов, охватывающих одновременно отраслевой и региональный аспекты развития взаимосвязанных между собой природоэксплуатирующих отраслей материального производства. Вместе с тем необходимо отметить, что двойственные оценки ресурсов, полученные при решении упрощенных (частных) оптимизационных задач, так же как и статистические оценки, дают лишь приближенные значения экономической ценности природных благ.

К тому же практическое использование оптимизационного подхода даже в упрощенной форме связано с трудностями, основная из которых состоит в отсутствии оптимальных планов развития и размещения природоэксплуатирующих отраслей. Исключение составляют топливно-энергетические отрасли, где уже с начала 60-х годов производятся работы по оптимизации топливно-энергетических балансов.

В результате показатели замыкающих затрат, рассчитанные по статистическому и упрощенному оптимизационному способу, близки по значениям. В следующей ниже таблице приводятся значения замыкающих затрат на лесосырьевые ресурсы для некоторых районов страны, рассчитанные в Институте экономики АН СССР и в ЦЭМИ АН СССР соответственно по статистическому и упрощенному оптимизационному способам [1, 2].

Замыкающие затраты на производство древесины в некоторых районах страны, руб/м³

Оценка	Районы										
	Северный	Центральный	Волго-Вятский	Центрально-Черноземный	Поволжский	Северо-Кавказский	Уральский	Западно-Сибирский	Восточно-Сибирский	Дальневосточный	Прибалтийский. Украинская и Белорусская ССР
Статистическая	21-22	24	23	25	24	26	21-22	19	16-19	18	25
Оптимизационная	22-24	28	26	28	26	32	20-22	19-22	16-17	14-16	30-32

Безусловно, оценки, рассчитанные на основе оптимального народнохозяйственного плана, наиболее адекватно отражают экономическую ценность природных ресурсов в рамках общей проблемы оптимального функционирования экономики. Подобный класс оценочных показателей определяет своеобразную верхнюю границу, некий предел эффективного использования ресурсов, который может быть достигнут при данных конкретных условиях, но из-за ряда объективных и субъективных причин не всегда достигается. Однако сложность исчисления оптимальных оценок дает основание использовать их лишь в теоретическом плане. С точки зрения практического применения, статистический подход, по-видимому, имеет явное преимущество, поскольку его реализация по существу не встречает принципиальных затруднений.

Не менее сложной и дискуссионной является проблема перехода от текущих оценок природных ресурсов к показателям их абсолютной (суммарной) ценности за весь срок эксплуатации. При суммировании годовых оценок природных ресурсов учитывается одна сторона экономической роли времени - диахронная (разновременная) неэквивалентность последовательности текущих оценок ресурсов, т.е. то, что принято называть влиянием фактора времени в узком значении этого понятия (в дальнейшем учет фактора времени нами рассматривается только в этом аспекте).

Норма дисконта в нашей стране установлена на уровне $2/3$ значения нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений ($E_{\text{нп}} : E_{\text{н}} = 2:3$). Применительно к оценке природных ресурсов меру дисконта также следует определять на базе принятого в народном хозяйстве норматива эффективности. Правомерность использования единого для материальных и природных ресурсов экономического норматива не вызывает теоретических возражений. Достаточным условием при этом служит экономическая равнозначность эффекта (получающего количественное выражение через экономию общественного труда) от использования природных ресурсов более высокого качества или более совершенных материальных средств производства. А эффективность затрат, необходимых для создания таких средств производства, может рассматриваться как альтернатива решению проблемы соизмерения природных богатств с богатствами, созданными человеком [4].

В то же время вопрос определения численных значений дисконта для оценки отдельных видов природных ресурсов продолжает оставаться открытым. В различных методических материалах значения дисконта для ресурсов с ограниченным сроком эксплуатации (запасов полезных ископаемых) предлагается устанавливать на уровне 8%, а для ресурсов, имеющих практически неограниченный срок эксплуатации, — на уровне 2–5% (водных ресурсов и сельскохозяйственных земель — 5%, лесосырьевых ресурсов — 2%).

При всей оправданности использования в ресурсооценочных расчетах пониженных нормативов приведения следует все же признать, что вопросы исчисления величины занижения, как и факторы, его определяющие, пока еще недостаточно исследованы. Установление пониженных дисконтных норм мотивируется следующими аргументами:

- долговременностью эксплуатации большинства видов природных ресурсов и, следовательно, длительным (выше среднего) оборотом вложений по природохозяйственным объектам;
- временной динамичностью оценок природных и свободно воспроизводимых ресурсов;
- необходимостью учета сопряженных вложений в природохозяйственные объекты, связанные с социально-экономическими эффектами, которые пока относятся к качественным показателям и в большинстве случаев не имеют прямого выражения в денежной форме.

Что касается первого аргумента (временной разномасштабности оборота вложений), то следует отметить, что применение дифференцированных дисконтных норм, пропорциональных срокам оборота вложений, может считаться вполне обоснованным применительно к природным ресурсам.

Аргументация, основанная на учете временной динамичности оценок естественных ресурсов и материальных благ, исходит из условия абсолютной ограниченности естественных ресурсов (в отличие от относительной ограниченности материальных ресурсов) и вытекающего из этого условия предположения о неубывании (возрастании) с течением времени экономической ценности ресурсов природы по мере роста их дефицитности. При-

нятие пониженных нормативов приведения следует рассматривать в данном случае как способ количественного выражения указанной тенденции, своеобразную альтернативу прогнозу динамики замыкающих и индивидуальных затрат.

С этой целью в формулу дисконтирования вводится задающий экспоненциальное изменение оценок во времени поправочный коэффициент, с учетом которого коэффициент приведения B в общем случае имеет следующий вид:

$$B = \frac{(1 \pm k)^{t-1}}{(1 + E_{\text{нп}})^t},$$

где k — устанавливаемый экспертным путем среднегодовой темп прироста ($k > 0$) или уменьшения ($k < 0$) текущих оценок природных ресурсов; $E_{\text{нп}}$ — норматив приведения; t — срок эксплуатации ресурса.

Рассмотренная процедура дисконтирования имеет смысл исключительно для прогнозных оценок ресурсов. Очевидно, что плановый горизонт такого прогноза целесообразно определять среднесрочной перспективой, рамками которой и должна ограничиться реальная сфера дисконтного метода.

Следует принять во внимание известную условность самого способа учета временного фактора с помощью предлагаемых коэффициентов (своеобразную экстраполяцию современного состояния и условий эксплуатации ресурсов на будущее). В любом временном интервале экономическая ценность природных ресурсов обусловлена двумя противоположными по проявлению факторами: предельной продуктивностью ресурсов и принятым уровнем замыкающих затрат на их эксплуатацию. В силу ограниченности запасов природных ресурсов обоим факторам свойственна тенденция к росту: первому — из-за ужесточения требований к интенсивности использования ресурсов, второму — вследствие истощения запасов ресурсов более высокого качества. При этом точный совместный учет двух факторов затруднителен.

Вместе с тем введение упомянутых выше поправочных коэффициентов не позволяет сопоставить природные ресурсы с созданными человеком материальными благами. Поэтому достаточно обоснованными представляются предложения учитывать изменение текущей ценности природных ресурсов не посредством внесения в исходную формулу дисконтирования соответствующих коррективов, а путем регулярной переоценки ресурсов.

Как уже отмечалось, значения текущих оценок природных ресурсов являются производными от заданного уровня замыкающих затрат. Последние определяются исходя из установленной на плановый период потребности в данном виде ресурса и наиболее эффективных способов его эксплуатации (с учетом прогнозируемого уровня развития производительных сил, специализации, кооперации и других условий). Отклонение в будущем расчетных экономических параметров, превышающее предел устойчивости замыкающих затрат, меняет исходный базис установления последних, что автоматически ведет к переоценке природных ресурсов. Это в полной

мере относится и к необходимости регулярного пересмотра дисконтных норм.

Что же касается использования пониженной дисконтной нормы в связи с социально-экономической ориентацией затрат, то необходимость учета в составе полной величины эффекта природохозяйственных мероприятий социальной, равно как и экологической, составляющей в настоящий момент вряд ли может встретить серьезные возражения.

Учет внеэкономических условий целесообразно осуществлять все же не посредством регламентации дисконтных норм относительно задаваемых экзогенно социально-экологических установок, а путем апостериорного соизмерения в каждом конкретном случае социальных и экологических эффектов с экономическим на основе некоторой системы общественных приоритетов.

Сказанное выше позволяет сделать вывод о том, что нет видимых оснований предполагать наличие в природохозяйственной сфере специфических условий, обуславливающих дифференциацию дисконтных норм относительно принятых их значений в целом по народному хозяйству. Обоснованным в этом плане представляется использование льготных дисконтных норм для природных ресурсов с длительным сроком эксплуатации по аналогии с более низкими нормативами приведения долговременных вложений, применяемыми в планово-проектной практике.

Литература

1. В а р а н к и н В.В. Методологические вопросы региональной оценки важнейших видов природных ресурсов. М.: Наука, 1974. 191 с.
2. Г о ф м а н К.Г. Экономическая оценка природных ресурсов в условиях социалистической экономики. М.: Наука, 1977. 102 с.
3. Основные положения методики экономической оценки природных ресурсов в массовых планово-проектных расчетах // Экономические проблемы оптимизации природопользования. М.: Наука, 1973. С.35-52.
4. Х а ч а т у р о в Т. Об экономической оценке природных ресурсов. Вопр. экономики. 1969, № 1, С.70.

УДК 624.131

АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ (на примере г.Москвы)

Г.Л.Кофф, С.И.Петренко, Л.П.Качесова, Р.Э.Куузик,
Т.В.Богомолова, М.С.Павлова

Проблемы строительства и эксплуатации промышленных и гражданских сооружений являются одними из наиболее важных в народном хозяйстве. Годовой объем работ по строительству фундаментов новых промышленных и гражданских сооружений (без учета гидротехнического и транспортного строительства) составляет около 5,9 млрд. руб. (8-10% от стоимости строительно-монтажных работ), при этом на устройство фундаментов зданий и сооружений расходуется 57 млн м³ бетона и железобетона (около

24% от общего его расхода в строительстве), а трудозатраты на устройство фундаментов составляют до 20% от общестроительных трудозатрат.

Ежегодные затраты на текущие и капитальные ремонты зданий промышленного, гражданского и сельскохозяйственного назначения составляют 20 млрд руб. [3, 4]. Стоимость эксплуатируемых зданий и сооружений производственного назначения достигает 150 млрд, а жилищного фонда страны - 370 млрд руб. Таким образом, стоимость зданий промышленного и гражданского назначения составляет почти 30% стоимости всех основных фондов СССР.

В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года" зафиксирована важнейшая социальная задача - обеспечить каждую семью отдельной квартирой. Для решения этой задачи понадобится, в частности, ввести в эксплуатацию жилые дома общей площадью не менее 2 млрд м².

Реализация этих планов требует от инженеров-геологов решения двух задач: во-первых, надлежащего информационного обеспечения нового проектирования и строительства; во-вторых, обоснования своевременного ремонта существующих зданий и сооружений, улучшения условий их эксплуатации. Расчеты показывают, что продление срока службы каждого производственного здания на 3-4 года при функциональном износе до 25 и физическом - 60-80 лет позволяет сэкономить до 3% общих ежегодных капиталовложений [4]. Следовательно, повышение эксплуатационной надежности зданий позволяет повысить эффективность капитальных вложений.

Среди параметров, определяющих эксплуатационную надежность зданий и сооружений, значительная роль принадлежит инженерно-геологическим факторам. Анализируя данные о деформациях и авариях сооружений, можно косвенным образом оценить степень и характер последствий техногенных изменений геологической среды во времени, т.е. на разных стадиях жизненного цикла зданий и сооружений. Денежная оценка последствий техногенных изменений геологической среды представляет собой экономический ущерб [1, 2]. Определение экономического ущерба необходимо для последующего выбора улучшенных вариантов размещения сооружений, оптимизации фундаментостроения, для обоснованного принятия предупредительных защитных и компенсационных мер [1]. Ущербообразующие факторы, вызывающие деформации и аварии зданий (при взаимодействии зданий и сооружений с геологической средой) возникают из-за ошибок разного рода. В их числе: 1) ошибки изысканий, связанные с недостаточным учетом техногенной и естественной изменчивости геологической среды во времени; 2) ошибки проектирования, определяющиеся неполным учетом инженерно-геологических условий, эксплуатационных факторов, конструктивными просчетами и т.д.; 3) ошибки строительства, выражающиеся в низком технологическом и техническом уровне, в отступлении от проектных решений; 4) ошибки эксплуатации, заключающиеся в нарушении технологических режимов, в игнориро-

вании влияния неучтенных при проектировании инженерно-геологических факторов (например, транспортной вибрации, если рядом со зданием появился не предусмотренный ранее в проекте застройки проезд). Наряду с ошибками при оценке ущербов необходимо учитывать: 1) возможность реализации различных по исходу случайных событий в практически одинаковых условиях взаимодействия здания с соответствующим объемом геологической среды; 2) физический износ конструктивных элементов и т.д.

Некоторые причины отказов зданий систематизированы в таблице I [4]:

Т а б л и ц а I

Причины низкой надежности	Число аварий и дефектов зданий, %			
	Болгария	Венгрия	Польша	СССР
Недостатки проектирования	21	41	21	13
строительства	57	31	59	69
эксплуатации	22	28	20	18

В модель оценки факторов аварий и деформаций зданий авторы вложили трехмерное пространство управленческих параметров, пространство переменных состояния геолого-техногенных систем и последствия взаимодействия геологической и техногенной подсистем, отражающиеся на так называемой "поверхности откликов". Трехмерное пространство управляющих параметров включает управляющие геологические факторы (характеристику разреза, уровень грунтовых вод и др.), параметры зданий и сооружений оценки деятельности, экспертно зафиксированные с наличием (или отсутствием) ошибок изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации зданий.

Результаты взаимодействия геологической среды и зданий выражаются в "откликах", дифференцированных в зависимости от вектора и величины переменных состояния (осадок, кренов) по трем категориям [3]. А именно деформации, не нарушающие нормальной эксплуатации зданий, нарушающие нормальную эксплуатацию зданий, а также деформации аварийного характера. К "откликам" первой категории отнесены волосные трещины на стенах и трещины с раскрытием до 15 мм (средняя осадка здания составляет обычно 120 мм, максимальная - 150 мм) [3]; второй категории - трещины с раскрытием более 15 мм, перекосы проемов и др. (средняя осадка - 180 мм, максимальная - 235 мм); третьей категории - трещины с раскрытием 90-100 мм, сквозные трещины, крены и перекосы зданий и сооружений.

Модель реализована по данным о деформациях и авариях зданий и сооружений на территории Москвы. В ходе анализа обработано около 8 тыс. заключений Мосгоргеотреста по обследованию зданий. Из них отобрано 1418 сооружений, деформации которых были вызваны преимущественно инженерно-геологическими причинами. В свою очередь, из этой выборки были сформированы

рованы две: 1) из 884 деформированных зданий, обработанная с помощью традиционных статистических методов; 2) из 461 деформированных зданий, обработанная с помощью специально разработанных алгоритма и программы.

Критерием включения зданий во вторую выборку (461 здание) являлась достаточность объема аналитической информации, необходимой для анализа причин деформаций по специально разработанному алгоритму "генератор гипотез для качественных признаков". В результате реализации алгоритма между управленческими параметрами и "откликами" были получены как парные вероятности тех или иных событий, так и деревья связей, вершинами которых являются отдельные признаки или сочетания значений признаков. Ребрам деревьев соответствуют частоты проявления сочетаний. Предложенный алгоритм реализован на ЭВМ СМ-4 на макроассемблере в ОС РАФОС - ФОРТ.

В геологическом отношении территория Москвы располагается в южной части Московской синеклизы. Кристаллический фундамент залегает на абсолютных отметках 1500, 2400 м, имеет сложное блоковое строение и представлен южной частью Московской впадины и Подмосковным авлакогеном. Граница Московской впадины проходит по бортовому разлому Подмосковского авлакогена с амплитудой около 1 км. Подмосковский авлакоген разбит системой грабенов, разделенных горстообразными поднятиями. Южная половина территории Москвы расположена под северо-западной частью Люберецкого выступа и северо-восточной частью Теплостанского грабена с относительным смещением на 1 км. В строении осадочного чехла прослеживается определенное соотношение структур низких порядков и зон развития дизъюнктивных нарушений кристаллического фундамента. На региональном фоне падения кровли каменноугольных пород на северо-восток (1-2 м/км) в южной части территории отмечается значительная флексура (с падением пород 10-16 м/км), прослеживающаяся в широтном направлении по линии Тропарево-Садовники-Перерва. В западной и центральной части Москвы выделяются четыре поднятия преимущественного северо-восточного простирания с небольшими амплитудами высот (10-15 м), размеры поднятий в плане изменяются от 2 x 4 км до 4 x 8 км.

В строении осадочного чехла участвуют палеозойские, мезозойские и кайнозойские отложения общей мощностью 1700-2600 м. К наиболее древним отложениям, вовлеченным в сферу активной хозяйственной деятельности человека, относятся каменноугольные образования, представленные в пределах территории преимущественно карбонатными разностями общей мощностью до 450 м. Карбонатные породы покрыты трансгрессивно залегающими мезозойскими и кайнозойскими терригенными образованиями и моноклинально погружаются на северо-восток, к центру Московской синеклизы. Отложения каменноугольного возраста в пределах Москвы не обнажаются, в многочисленных скважинах их кровля вскрыта на глубинах от 10 до 145 м.

Среди отложений каменноугольного комплекса наибольшее инженерно-геологическое значение имеют терригенно-карбонатная толща среднего карбона (верейский и каширский горизонты), карбонатная толща среднего карбона (подольский и мячковский горизонты), терригенно-карбонатная толща

верхнекаменноугольного возраста, распространенная в центральной и северной частях Москвы. В составе мезозойских отложений выделяются: толща континентальных бат-нижнекелловейских гумусированных песчано-глинистых образований, выполняющих днище доюрских ложбин и характеризующихся пльвунными свойствами; толща глинистых пород келловей и оксфорда (первый от поверхности региональный водоупор, определяющий развитие глубоких оползней на отдельных участках Москвы); толща прибрежно-морских кварцевых и глауконитовых песков и песчанистых глин волжского яруса мела, характеризующихся пльвунными и тиксотропными свойствами. Пространственное распределение и мощность мезозойских отложений определяются особенностями доюрского эрозионного рельефа, послемеловым размывом, четвертичной ледниковой и послеледниковой эрозией.

Четвертичные образования плащеобразно покрывают докайнозойские породы. Мощность ледниковых и аллювиальных отложений изменяется от 5-2 на водоразделах до 40-60 м в палеодолинах. В составе аллювия преобладают пески, в ледниковом комплексе выделяются два суглинистых моренных горизонта, а также подморенные, межморенные и надморенные флювиогляциальные пески, широко распространены покровные суглинки. Почти на всей территории города развиты техногенные отложения, максимальные площади и мощности которых закономерно приурочены к центру города.

В геологической истории территории выделяются два длительных этапа континентального развития (пермь-ранняя юра, конец позднего мела-голубой юры), в течение которых формировались погребенные и современные формы рельефа. Так, на протяжении посткаменноугольного континентального этапа в каменноугольных отложениях формировался доюрский эрозионный рельеф впоследствии перекрытый морскими юрскими осадками. Со вторым континентальным этапом связано формирование дочетвертичного и современного рельефа.

К крупным доюрским формам рельефа относятся Главная Московская, Итишинская, Тушинская, Чертановская и Ходынская долины. Тальвеги основных доюрских долин имеют абсолютные отметки 75-100 м. В доюрских ложбинах и тальвегах встречаются карстовые котловины глубиной 20-25 м. До глубины 20-50 м от кровли известняки здесь неравномерно закарстованы и трещиноваты, в верхней части толщи отмечаются прослои известковой и доломитовой муки.

Облик дочетвертичного рельефа определен в результате интенсивной денудации песчано-глинистых мезозойских отложений. В течение этого континентального периода был выработан зрелый, глубоко расчлененный эрозионный рельеф. В числе наиболее заметных необходимо отметить доледниковые Центральную (пра-Москву) и Яузскую долины с притоками, заполненные аллювиальными и флювиогляциальными отложениями мощностью 30-40 до 60 м.

Современный рельеф Москвы характеризуется расположением города на стыке трех крупных геоморфологических областей, разъединенных долинами рек Москвы и Яузы. Северная часть города занимает южный край Смоленск

Московской возвышенности и представляет среднечетвертичную ледниковую равнину, верхняя ступень которой относится к моренной (с отметками 165–185 м абс), а нижняя – к флювиогляциальной равнине (отметки поверхности – 155–175 м абс). Глубина расчленения – 5–15 м/км², густота расчленения – 0,5–1 км/км²; крутизна склонов до 3°. Южная часть города располагается в пределах Теплостанской возвышенности краевой части Москворецко-Окской полого-увалистой равнины (отметки поверхности достигают 255 м, превышения над урезом рек – 130–140 м). Как и на севере территории, верхняя ступень равнины имеет ледниковый генезис и представлена высокими расчлененными моренно-эрозионными возвышенностями. Нижнюю ступень занимают фрагменты флювиогляциальной полого-волнистой равнины, изрезанной долинами мелких рек и оврагами. Глубина расчленения рельефа – 10–45 м/км², густота расчленения – 0,5–3 км/км² и более, крутизна склонов – до 6°.

Восточную часть Москвы занимает край Мещерской озерно-ледниковой низменной равнины (низменности). Для этой части низменности – Подмосковной задровой равнины – характерен плоский нерасчлененный рельеф с редкими моренными останцами. Размах рельефа составляет здесь не более 20 м (от 140 до 160 м абс), глубина расчленения – 0–10 м/км², густота расчленения – до 0,5 км/км², крутизна склонов – до 1,5°.

Долины рек Москвы и Яузы вместе с крупными притоками (Сетунью, Сходней и др.) занимают около трети площади города. В долинном комплексе выделяются четыре уровня: три надпойменные террасы и пойма. Наибольшее распространение имеет самая высокая третья надпойменная терраса (Ходынская), возвышающаяся над уровнем реки Москвы от 22–25 до 30–35 м (отметка поверхности – 135–160 м абс). Вторая надпойменная терраса имеет высоту от 12–18 (у бровки) до 20–22 м (у тылового шва). Первая надпойменная терраса (Серебряно-борская) выражена фрагментарно (относительная высота террасы 10 м). Максимальная ширина техногенно преобразованной поймы достигает 3 км, высота над урезом реки – 2–6 м. Наибольшее эрозионное расчленение свойственно третьей террасе, где глубина вреза достигает 25–30 и более метров.

Особенностью гидрогеологических условий является вовлечение в сферу хозяйственного воздействия водоносных горизонтов четвертичных, мезозойских и каменноугольных отложений. Водоносные горизонты, приуроченные к песчаным разностям четвертичных и мезозойских отложений, образуют единый водоносный комплекс. Характер взаимосвязи горизонтов с рекой зависит от фильтрационного строения толщи, условий питания и разгрузки подземных вод, во многом определяющихся техногенными факторами. Грунтовые воды повсеместно гидравлически связаны с нижележащими горизонтами. На крайнем юге города первым от поверхности является водоносный горизонт меловых или окско-днепровских отложений, грунтовые воды распространены на локальных участках современной застройки. На слабопроницаемых моренных отложениях формируется верховодка, в самих

моренных слоях (московской и днепровской морен) в песчаных линзах и прослоях содержатся воды спорадического распространения.

В каменноугольных отложениях содержится ряд эксплуатирующихся во доносных горизонтов: гжельский, касимовский, подольско-мячковский, каширский, окско-протвинский (всего насчитывается 28 групповых водо-заборов и множество одиночных скважин). Водоотбором обусловлены суще-ственные амплитуды колебания уровней подземных вод.

На территории Москвы развит комплекс геологических процессов и я-лений: оврагообразование, заболачивание, механическая суффозия, реч-ная эрозия, карст, оползни и др. Техногенные факторы оказывают неодн-значное воздействие на природные предпосылки развития того или иного процесса, снижая в некоторых случаях интенсивность одних процессов (например, оползневых) и вызывая интенсификацию других (карстово-суф-фузионных).

На отдельных участках правобережья долины реки Москвы и ее приток (реже в оврагах) распространены многочисленные оползни, среди которы наблюдаются как глубокие (преимущественно фронтального типа), поверх-ность смещения которых проходит в юрских глинистых отложениях, так и небольшие по объему мелкие поверхностные оползни с поверхностью сме-щения в четвертичной толще. Боковая и донная речная эрозия находятся на стадии затухания. Современная овражная сеть сохранилась только на южной окраине города в пределах лесопарков, расположенных на Тепло-станской возвышенности. В целом незначительно развиты плоскостной смы и современное заболачивание.

По морфологическим и морфогенетическим признакам территория Москв относится к покрытому известняковому карсту. В 30-х годах при проходке тоннелей метрополитена были встречены многочисленные карстопроявления разрушение зоны известняков, трещины и мелкие полости, карстовые ка-налы, воронки и котловины на поверхности каменноугольных отложений. Впоследствии выявилась приуроченность карста к доюрским и доледниковым палеодолинам. Так, на участках развития доюрских ложбин мощность зака-стованной зоны составляет 40-50, а на водоразделах - до 30 м. Ряд ис-следователей связывает активизацию карстово-суффозионных процессов в некоторых районах города с техногенным изменением гидродинамической обстановки. Среди современных экзогенных геологических процессов по масштабам и активности преобладают оползневые и карстово-суффозионные. Наряду с унаследованными, на территории Москвы развиты и геологические процессы, явившиеся последствием взаимодействия техносферы и геологи-ческой среды: подтопление, линейная суффозия, оседание и сдвигание земной поверхности, вибрационное доуплотнение грунтов, электрокоррозия и др.

Нами выполнялась экспертная оценка актуальной и потенциальной ущер-бообразующей роли геологических и инженерно-геологических процессов на территории Москвы. В экспертной оценке участвовали 18 экспертов - инженеров-геологов со средним стажем работы около 20 лет (Мингео СССР,

АН СССР, Госстрой СССР, Госстрой РСФСР, Мосгоргеотрест и др.). Результаты анкетирования обрабатывались в основном по стандартным методам непараметрической статистики. Расчеты проводились с помощью пакета статистических программ ВМДР-77 Калифорнийского университета на ЭВМ ЕС-1045 НИВЦ МГУ.

В табл. 2 приведены средние значения (со стандартными отклонениями) оценок актуальной ущербобразующей роли процессов и их суммарный ранг (минимальный ранг соответствует минимальной ущербобразующей роли). Расчеты по критерию Фридмана показали, что вероятность равной оценки для всех экспертировавшихся процессов $P = 0,0001$ (принимая χ^2 - распределение). Критерий Уилкоксона позволяет выделить соответственно три группы процессов с уровнем значимости различий между процессами из разных групп $P < 0,1$.

Таблица 2

Группа	Процессы	Актуальная ущербобразующая роль процесса	
		Средний ранг	Средняя оценка
1	Карстово-суффозионные	12,85	2,2
	Электрокоррозия	12,6	2,1
	Химическое загрязнение	12,35	2,3
	Подтопление	11,5	2,1
2	Оползневые	8,95	1,6
	Вибрация	8,95	1,6
	Оседание грунтов	8,7	1,5
	Эрозия	8,25	1,4
	Осушение грунтов	7,9	1,3
	Заболачивание	7,8	1,4
3	Набухание	5,75	0,9
	Крип	5,55	0,9
	Морозное пучение	5	0,8

Аналогичные расчеты потенциальной ущербобразующей роли процессов (на период до 2010 г.) дали уровень значимости по критерию Фридмана $P < 0,0001$. Средние оценки и суммарный ранг приведены в табл. 3. Критерий Уилкоксона позволяет выделить в этом случае три группы процессов ($P < 0,1$).

Таким образом, согласно экспертному прогнозу при развитии существующих тенденций взаимодействия техносферы и геологической среды на территории Москвы значительно увеличится ущербобразующая роль подтопления, сохранится высокий вклад в ущербобразование карстово-суффозионных процессов, химического загрязнения и коррозии. Из других процессов возрастает ущербобразующая роль техногенного оседания (уровень значимости по критерию Манна-Уитни $P=0,07$), вибрации ($P=0,08$), в

Т а б л и ц а 3

Группа	Под-группа	Процессы	Потенциальная ущербобразующая роль процесса (на 2010 г.)	
			Средний ранг	Средняя оценка
I	1	Карстово-суффозионные	16,1	2,58
		2	Подтопление	14,15
	3	Химическое загрязнение	13,9	2,33
		Электрокоррозия	13,85	2,17
		Оползневые процессы	12,4	1,92
	2	Техногенное оседание	12,25	1,92
		Вибрация	12,25	1,92
		Осушение грунтов	11,15	1,67
		Эрозия	9,05	1,33
	3	Заболачивание	8,5	1,33
		Набухание	6,8	1
		Крип	6,6	1
		Морозное пучение	5,7	0,83

Т а б л и ц а 4

Группа	Процессы	Эффективность мероприятий, предотвращающих ущерб от процесса	
		Средний ранг	Средняя оценка
1	Оползни	9,07	2,43
	Заболачивание	8,36	2,29
	Эрозия	8,21	2,29
2	Подтопление	7,36	2
	Химическое загрязнение	6,71	1,86
	Карстово-суффозионные	5,36	1,71
	Электрокоррозия	5,14	1,57
	Техногенное оседание	5,0	1,43
	Техногенное осушение грунтов	4,43	1,29
	3	Вибрация	2,93

техногенного осушения грунтов ($P=0,09$). Для других процессов различия в экспертных оценках актуального и потенциального ущербов незначительны и недостоверны.

При экспертном анализе эффективности защитных мероприятий по предотвращению ущерба от инженерно-геологических и геологических процессов

на территории Москвы достоверное различие между оценками эффективности защиты также определялось по критерию Фридмана ($P=0,039$). По критерию Уилкоксона были установлены три группы процессов ($P < 0,020$) (табл. 4).

Учитывая относительную пространственную локальность карстово-суффозионных процессов и то, что их ущербобразующая роль в настоящее время проявилась в деформациях и авариях только нескольких зданий, в число управляющих геологических параметров модели нами включены факторы, описывающие ущербобразующую роль подтопления и косвенно (используя зависимость интенсивности соответствующих процессов от подтопления) – электрокоррозии и химического загрязнения. В модель включены также оценки вибрации. Факторы, описывающие ущербобразующую роль оползневых процессов в деформациях зданий, также не учитывались (из-за локальности проявления и небольшого числа сооружений, претерпевающих деформации из-за оползней). Остальные процессы не охарактеризованы в модели соответствующими факторами из-за сравнительно небольшой актуальной и потенциальной ущербобразующей роли (см. таблицы 2,3).

В то же время, как показывает анализ данных, приведенных в таблице 4, эффективность мероприятий, предотвращающих ущерб, наиболее велика как раз для неучитываемых в модели локальных процессов. Следовательно, значимость ущербобразующей роли подтопления (и взаимосвязанных с ним химического загрязнения, формирующего техногенную агрессивность грунтовых вод, и электрокоррозии) весьма существенна.

Другие геологические факторы, определяющие величину и ход осадки грунтов в основании зданий, учтены путем ввода в модель оценок: принадлежности здания к определенному геоморфологическому элементу; числа слоев в активной зоне; наличия в кровле несущей толщии пронцаемого (или водоупорного) слоя; присутствия в несущей толще слабых грунтов и др. В целом модель, состоящая из 461 объекта (дома), включила несколько групп признаков.

Поверхность "откликов" (результаты взаимодействия) оценивалась наличием в конструкциях объектов трещин различной степени раскрытия: "волосяных", менее 5 мм (признак 31.1)^I, 5-15 мм (32.1), более 15 мм (33.1); сквозных трещин (34.1); трещин пола и потолка (35.1); перекосов внутренних перекрытий (36.1); кренов сооружений (37.1). Для выделения управляющих геологических параметров объекты дифференцировались по принадлежности к различным типам геологической среды – морфолитосистемам, поверхность которых в общем случае относится к пойме реки Москвы (признак 56.1), 1-2 надпойменной террасе (56.2), 3 надпойменной террасе (56.3), 4 надпойменной (флювиогляциальной) террасе (56.4) и моренному плато (56.5). В числе дополнительных признаков, характеризующих управляющие геологические параметры, использовались: количество литогенетических слоев в четвертичной толще – 2 слоя (57.1), 3 (57.2), 4 и

^I В номере признака первые две цифры означают род признака; 0 после точки – отсутствие признака; цифра после точки – вид признака.

более слоев (57.3); мощность культурного техногенного слоя – менее 2 (58.1) и 2–5 м (58.2); наличие в несущей толще слабого слоя (с низким модулем деформации – менее 50 кгс/см²) (59.1); наличие водоупорного слоя в четвертичной толще (60.1); наличие в приповерхностной толще пунищаемого слоя (61.1); глубина залегания первого от поверхности уровня грунтовых вод – менее 5 м (62.1), 5–10 (62.2), более 10 м (62.3). В число признаков, характеризующих техногенные управляющие параметры, вошли: тип фундамента – ленточный (63.1) или свайный (63.2); заглубление фундамента – менее 3 (64.1), более 3 м (64.2); материал стен – кирпич (65.1), иной – (66.1); возраст здания (срок его эксплуатации) – до 10 лет (67.1), 10–20 (67.2), 20–50 (67.3), более 50 лет (67.4); этажность здания – 1–3 (68.1), 4–7 (68.2), более 7 этажей (68.3), наличие подвала (69.1).

Группа признаков, характеризующая дополнительные условия взаимодействия между геологической и техногенной подсистемами, была составлена тремя подгруппами. В первую подгруппу вошли признаки, формирующие последующий непредотвращенный экономический ущерб за счет непредусмотренных в проектах ошибок в оценке разнородности грунтов основания и недоучета их физико-механических свойств (признак 44.1), за счет недоучета свойств культурного слоя (45.1), непредвиденного техногенного изменения уровня грунтовых вод (46.1), изменений свойств грунтов вследствие систематических утечек из водонесущих коммуникаций (47.1).

Признаки второй подгруппы оценивают ошибки проектирования, в том числе ошибки конструктивных решений (48.1); ошибки в устройстве гидроизоляции и водозащитных мероприятий (например, дренажей) (49.1); ошибки связанные с технологией строительства (50.1) и, наконец, эксплуатационные ошибки (52.1). Амортизация зданий обобщенно учтена их возрастом (признаки 67.1–67.4). В числе признаков третьей подгруппы наиболее популярны техногенные воздействия, транслируемые в сферу взаимодействия геологической и техногенной подсистем "извне": влияние метро и другого подземного строительства (53.1); влияние техногенной вибрации (54.1); влияние застройки на сопредельных участках (55.1). Наряду с основными признаками, характеризующими исход функционирования (трещинами, креном и т.п.), в метрику результирующего состояния вошли также: оценка подтопления подвала здания (38.1); промачивание фундамента и стен (39.1); дополнительные деформации, связанные с подтоплением (40.1); разрушение фундамента (41.1) и арматуры (42.1); выкрошивание цемента кладки (43.1).

Территориальное распределение инженерно-геологических процессов на территории города определяется взаимодействием геологической среды и факторов техногенеза и зависит как от особенностей истории инженерно-хозяйственного освоения, так и от современных видов и форм воздействия. В истории инженерно-хозяйственного освоения территории города можно выделить несколько крупных этапов. В течение первого этапа (до начала XIX в.) развитие Москвы происходило в рамках Садового кольца и ограничи-

валось возведением малоэтажных зданий. К 1917 г. территория города достигает 242 км² (площадь застроенных участков - 124,4 км²). Треть жилых домов уже представлена каменными зданиями, застраиваются новые районы, резко возрастает влияние человека на естественный рельеф, в том числе на сокращение гидрографической сети. В ходе третьего этапа процесс интенсивного освоения городской территории ускоряется, а к 1960 г. площадь городской территории достигает 878,7 км². В это время появляются новые крупные промышленные предприятия, реконструируются многие заводы, активной изменяется рельеф, возрастают статические и динамические нагрузки на грунты, усиливается техногенное воздействие на подземные воды, активно осваивается подземное пространство.

Начиная с середины 60-х годов развитие города осуществляется индустриальными методами, застраиваются новые обширные площади, значительно повышается этажность. К настоящему времени в селитебной зоне города выделяется две подзоны: старо- и новоселитебная. Староселитебную подзону отличает высокая плотность застройки (20-60%), густая сеть подземных коммуникаций разных поколений. Новоселитебная подзона характеризуется пониженной плотностью застройки (10-20%), меньшей плотностью современных подземных заложений. Переходы от одной подзоны к другой постепенны, местами в селитебную зону "вкраплены" фрагменты промышленной и коммунально-складской функциональных зон, коридоры внешнего транспорта.

Деформированные здания распространены на городской территории весьма неравномерно. Максимальная плотность их - до 38 на 1 км² - отмечается в центральной части. Из обследованных 884 зданий на долю первой степени деформированности приходится 35,8%; второй средней степени - 49,4% и третьей сильной степени - 3,3%. Деформированы преимущественно дома малой этажности от I до 5 этажей (94,7%). Основная масса зданий - 61,3% построена после 1900 г. и 33,9% имеет возраст свыше 80 лет. В старых домах, отслуживших один-два амортизационных срока, только 2,1% деформаций развиваются вследствие их ветхости. Как показал анализ материалов, генетический тип пород определяет (при прочих равных условиях) частоту случаев деформации зданий (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Геолого-литологический комплекс отложений	Общая площадь распространения геолого-литологического комплекса, км ²	Количество обследованных деформированных зданий	Количество деформированных зданий на 1 км ²
Пойменный	26,1	138	5,3
Аллювиальный (террасовый)	79,3	584	7,4
Флювиогляциальный	22,5	131	5,8
Моренный	10,2	31	3,0

Относительно низкая плотность деформированных домов, возведенных на пойменных отложениях, объясняется меньшей густотой застройки вдоль набережных и приуроченностью парковых зон к руслам рек, а также повышенной исходной прочностью конструкций зданий, строящихся на слабых грунтах.

Как правило, деформации зданий и сооружений вызваны совокупным негативным воздействием нескольких факторов. Для всех комплексов отложений на первое место среди причин, вызывающих деформации зданий, выходят слабые несущие способности техногенных грунтов (культурного слоя) различного генезиса. У 52,4% всех обследованных зданий основной причиной деформации является данный фактор. На втором месте по значимости факторов располагаются проектные ошибки конструктивного характера.

Для области развития моренных отложений характерны низкая плотность деформированных зданий (3 зд/км^2) и малые значения скоростей оседания поверхности земли, колеблющиеся от 0,1 до 0,6 мм/год. Однако в районах интенсивного хозяйственного освоения скорость оседания возрастает в 1,5–2 раза. Так, в центре города на участке, ограниченном улицами Горького, Чехова, Садовым кольцом, величина смещений поверхности земли на 1948–73 гг. достигла 30 мм, а плотность деформированных зданий 6–8 зд/км^2 . Общее количество зданий, имеющих в основании фундаментов моренные суглинки и деформированных в результате динамического воздействия наземного транспорта, составляет 25,8%, а в результате влияния метро – 19,4%.

Кроме того, у 12,9% зданий деформации вызываются подъемом уровня грунтовых вод и увеличением влажности грунтов основания в песчаных прослойках.

В областях распространения средне-верхне-четвертичных флювиогляциальных и аллювиальных отложений, близких как по литологическому составу, так и по средней скорости оседания поверхности земли (1,0–2,0 мм/год), средняя величина осадков составляет 20–30 мм (за 1959–73 гг.). Флювиогляциальные отложения, характеризующиеся меньшей однородностью по составу и выдержанностью по простиранию, имеют меньшую плотность деформированных зданий ($5,8 \text{ зд/км}^2$), чем более пестрые по составу и изменчивые по вертикали и латерали аллювиальные отложения ($7,4 \text{ зд/км}^2$).

Основными причинами, вызывающими вначале неравномерное оседание поверхности земли, а затем и деформации зданий, являются здесь изменения гидрогеологической обстановки и вибрационное воздействие наземного транспорта и метрополитена. Переувлажнение и обводнение грунтов происходит, вероятно, не только за счет повышения уровня грунтовых вод, но и в результате утечек из водонесущих сетей. От 18,3 до 26,7% зданий, основаниями которых служат аллювиальные и флювиогляциальные отложения, деформируются по этой причине.

Области распространения пойменных отложений характеризуются максимальными значениями скоростей оседания поверхности земли и изменяются от 2,1 до 3,6 мм/год (в период 1959–73 гг.). Присутствие в верхней части разреза супесей и суглинков с пониженной несущей способностью и приуроченной к ним верховодкой, способствуют тому, что 47,1% обследованных

зданий, построенных на пойменных отложениях, деформируются по этой причине.

Анализ деформаций показал, что значимые деформации, влекущие за собой ощутимые затраты на компенсацию непредотвращенного экономического ущерба [I] наиболее распространены на 3 надпойменной террасе: $P(32 \rightarrow 56.3) = 0,551$; $P(33 \rightarrow 56.3) = 0,519$; $P(34 \rightarrow 56.3) = 0,475$; $P(35 \rightarrow 56.3) = 0,800$; $P(36 \rightarrow 56.3) = 0,553$; $P(37 \rightarrow 56,3) = 0,657$. Это можно объяснить распространением здесь ущербобразующих признаков: плотной взаимовлияющей застройкой, подтоплением, техногенной вибрацией и др.

В пределах I-2 надпойменных террас вероятности проявления значительных деформаций снижаются: $P(32 \rightarrow 56.2) = 0,081$; $P(33 \rightarrow 56.2) = 0,153$; $P(34 \rightarrow 56.2) = 0,100$; $P(35 \rightarrow 56.2) = 0,200$; $P(36 \rightarrow 56.2) = 0,085$; $P(37 \rightarrow 56.2) = 0,114$. Это связано с наличием здесь дренирующего (проницаемого) слоя, со снижением роли ущербобразующих техногенных факторов.

В пределах поймы, характеризующейся меньшей дренированностью, развитием слабых грунтов, появлением ряда ущербобразующих процессов вероятность проявления значительных деформаций вновь повышается $P(32 \rightarrow 56.1) = 0,163$; $P(33 \rightarrow 56.1) = 0,173$; $P(34 \rightarrow 56.1) = 0,280$; $P(35 \rightarrow 56.1) = 0,157$; $P(36 \rightarrow 56.1) = 0,148$; $P(37 \rightarrow 56.1) = 0,142$. Любопытен факт значительного возрастания вероятностей значимых деформаций в пределах высокой 4 террасы и мореного плато: $P(56.4 \rightarrow 32) = 0,166$; $P(56.4 \rightarrow 33) = 0,250$; $P(56.4 \rightarrow 34) = 0,145$, с другой стороны $P(32 \rightarrow 56.4) = 0,163$; $P(33 \rightarrow 56.4) = 0,115$; $P(34 \rightarrow 56.4) = 0,175$ и т.д.

Анализ вероятностей показывает, что роль субъективных ошибок меньше там, где проектировщики "притерпелись" к более сложной природной ситуации и где по традиции в конструктивные решения закладываются определенные запасы прочности. Так, в пределах поймы вероятность формирования крупных раскрытых трещин из-за конструктивных проектных ошибок меньше, чем на I-2 террасе:

$$P_{I} \quad (33 \rightarrow 48) = 0,333 \quad \text{и} \quad P_{2} \quad (33 \rightarrow 48) = 0,500.$$

56.1

56.2

В то же время сложность геологического строения поймы объективно формирует возрастание вероятности ущербов из-за первоначальной недооценки физико-механических свойств грунтов: $P(42 \rightarrow 44) = 0,714$; $P(33 \rightarrow 44) = 0,388$ в то время как в пределах, например, 4 (флювиогляциальной) террасы, характеризующейся более однородным и простым геологическим строением, роль геологических ошибок снижается: $P(33 \rightarrow 44) = 0,129$ и т.д. Однако "непривычность" проектировщиков к новым техногенным воздействиям, сформированным в результате совокупного влияния ряда факторов в самое последнее время (например, к подтоплению), обусловила тот факт, что на высоких террасах вероятность ошибок в сфере недоучета гидроизоляции и дренажа как ущербобразующих факторов вдвое выше, чем на пойме.

Интересные результаты дал выборочный анализ роли возраста зданий в формировании деформаций. Например, вероятность крупного трещинообразования при осадках увеличивается симметрично возрасту зданий: $P(67.1 \rightarrow 32) =$

0,031; $P(67.2 \rightarrow 32) = 0,096$; $P(67.3 \rightarrow 32) = 0,120$; $P(67.4 \rightarrow 32) = 0,115$. Еще ярче эта тенденция проявляется при возрастании величины трещин: $P(67.1 \rightarrow 33) = 0,062$; $P(67.2 \rightarrow 33) = 0,134$; $P(67.3 \rightarrow 33) = 0,150$; $P(67.4 \rightarrow 33) = 0,294$. В вероятности проявления крена различия сглаживаются: $P(67.1 \rightarrow 37) = 0,093$; $P(67.2 \rightarrow 37) = 0,115$; $P(67.3 \rightarrow 37) = 0,090$; $P(67.4 \rightarrow 37) = 0,059$. Подобную закономерность можно объяснить определенным влиянием на проявление крена как признаков первой группы, так и признаков, характеризующих новое техногенное воздействие, влияющее на формирование непредотвращенного ущерба. Так, при высоких вероятностях крена (0,8–1,0) в причинноформирующих признаках появляется 56.1; 59.1; 60.1; 62.1 и исчезает признак 58.1 (маломощный культурный слой). В качестве определяющего крен признака третьей группы появляется признак 55 (застройка смежных участков). Любопытно, что неперенный атрибут крена – признак 32.1, который на стадии мониторинга может служить признаком, идентифицирующим возможность последующего крена.

Причинный анализ деформаций разного рода оказался плодотворным с помощью "деревьев" вероятностей. Так, выявилось, например, что вероятность наиболее серьезных деформаций типа сквозных трещин, перекоса, выкрошивания кладки и крена весьма высока у старых кирпичных зданий (67.4) с ленточным фундаментом, устроенном на мощном культурном слое. Рассмотрим в качестве примера "деревья", показанные на рисунке 1. Выявляются парагенетически связанные плеяды признаков с довольно высокой вероятностью причинно-следственных отношений. Так, появление сквозных трещин свойственно кирпичным зданиям, основанным на ленточных фундаментах даже на проницаемых грунтах, при этом в основании этих фундаментов высока вероятность залегания мощного культурного слоя:

$$\{P \mid P(Aa \rightarrow Ab) = 0,888 \mid \rightarrow Ac\} = 0,638.$$

Вероятность деформаций подобного рода в отмеченном признаковом пространстве еще более увеличивается, если мощный культурный слой входит в перечень признаков исходной плеяды: $P(Ba \rightarrow Bb) = 0,718$.

Перекосы внутренних перекрытий кирпичных зданий, устроенных на проницаемом культурном слое, с высокой вероятностью происходят на ленточных фундаментах: $P(Ca \rightarrow Cb) = 0,848$. Подобный вывод приводит к настоящей необходимости применения глубоких свайных фундаментов, а в некоторых случаях необходимо и усиление оснований зданий старой генерации (возрастной генерации, соответствующей признаку 67.4): $P(Da \rightarrow Db) = 0,666$.

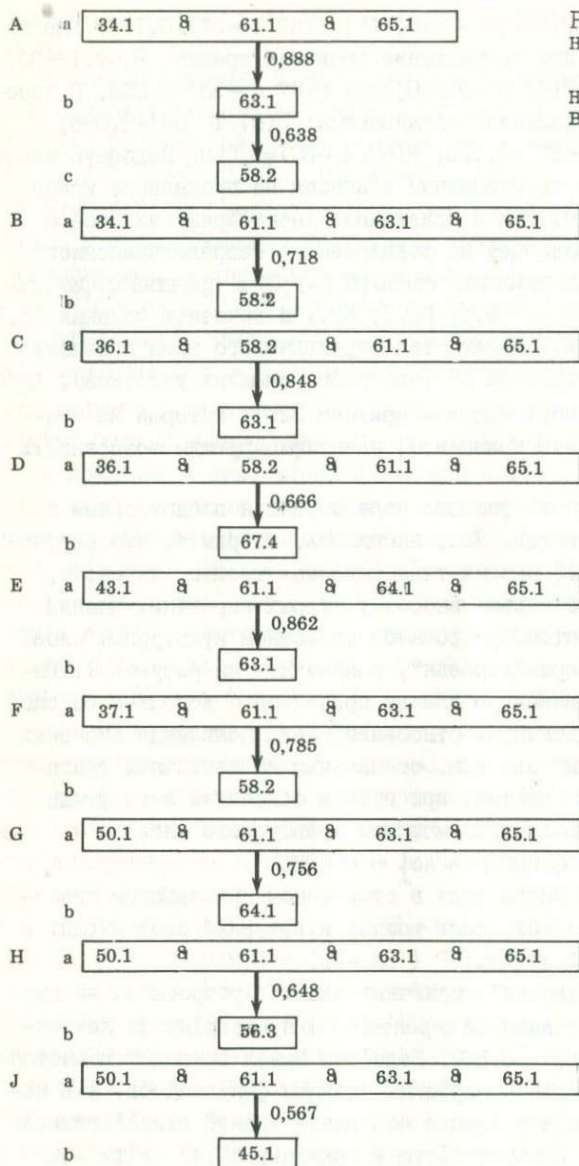
Выкрошивание кладки фундаментов весьма вероятно для кирпичных зданий с ленточными фундаментами мелкого заложения: $P(Ea \rightarrow Eb) = 0,862$.

Крены, как уже отмечалось, с высокой вероятностью проявляются у кирпичных зданий с ленточными фундаментами мелкого заложения, устроенными на культурном слое повышенной мощности: $P(Fa \rightarrow Fb) = 0,785$.

Характерно, что роль технологических ошибок, проявляющихся на строительной стадии жизненного цикла объектов вероятна при мелком заложении фундаментов и тиражируется в пределах 3 надпойменной террасы:

Р и с. 1. График вероятностных связей

37.1 - род и вид признака; 0,567 - рассчитанная вероятность



$$P(Ga \rightarrow Gb) = 0,756 \text{ и } P(Ha \rightarrow Hb) = 0,648.$$

(Высокий геологический риск при строительном освоении 3 террас уже отмечался нами выше).

Отметим, что при формировании экономических ущербов относительно велик вклад ошибок при оценке физико-механических свойств культурного слоя: $P(Ja \rightarrow Jb) = 0,567$. Подобная относительно высокая вероятность приводит к выводу о необходимости совершенствования методик и техниче-

ких средств для изучения физико-механических свойств культурного слоя. Экономическое значение подобной работы трудно переоценить, поскольку содержательный анализ вероятностей позволяет наметить и реализовать стратегию оптимизации новой застройки (и реконструкции существующей) в аналогичных признаковых пространствах.

С другой стороны, анализ вклада различных признаков в формирование деформаций позволяет дифференцировать территорию города по степени техногенных изменений геологической среды, при этом дома используются как своеобразные "штампы", осадка которых изменяется в пространстве и времени в зависимости от специфических сочетаний геологических и техногенных управляющих параметров.

Литература

1. Коффе Г.Л. Геоэкономический аспект инженерно-геологических исследований // Современные проблемы инженерной геологии и гидрогеологии территории городов и городских агломераций. М.: Наука, 1987. С.31-35.
2. Коффе Г.Л., Котлов В.Ф. и др. Техногенный экономический ущерб как важный критерий организации и проведения литомониторинга // Региональные инженерно-геологические и гидрогеологические наблюдения в городах. М.: Наука, 1983. С.50-52.
3. Мешечек В.В., Ройтман А.Г. Капитальный ремонт, модернизация и реконструкция жилых зданий. М.: Стройиздат, 1987. 237 с.
4. Рогонский В.А., Костриц А.И., Шеряков В.Ф. Эксплуатационная надежность зданий. Л.: Стройиздат, 1983. 278 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Ковалевский В.С., Коноплянцев А.А., Семенов С.М. Состояние, задачи, методы изучения и прогноза изменения гидрогеологических условий территорий городов	5
Пашковский И.С., Зеегофер Ю.О., Клоквин А.Н., Роталь А.А. Постоянно-действующая модель (ЦДМ) геологической среды города как средство управления в области ее охраны и рационального использования	5
Валлнер Л.К. Методика изучения и прогноза оседания земной поверхности в результате эксплуатации подземных вод на территории городов	14
Коффи Г.Л., Живицкий А.В. Проблемы определения ущерба от антропогенного изменения геологической среды и ее рекреационных ресурсов	22
Юнусходжиев А.Т., Тахиров Н.Т., Магдиев В.У., Гайратбеков А. К моделированию дренажа городских территорий и оценке его влияния на окружающую гидродинамическую систему	25
Жигалин А.Д. Техногенные физические поля и их роль в изменении геологической среды городов	31
Клименко В.И. Об основных направлениях деятельности работ междуведомственного научно-технического коллектива по инженерной защите территории Большого Сочи от опасных геологических процессов	38
Тихвинский И.О. Особенности прогноза изменения инженерно-геологических условий при оценке устойчивости склонов	43
Кюнтцель В.В., Паречкая М.Н., Шешеня Н.Л. Состояние, задачи, методы исследований и прогноз оползневых процессов на территории города	47
Хоменко В.П., Беляев В.Л., Максимова О.Р. Прогноз развития карстово-суффозионных процессов, вызванных техногенным воздействием на подземную гидросферу	54
Александров А.С., Шестернев Д.М. Некоторые инженерно-геологические проблемы селитебных территорий Забайкалья	61
Касымов А.К. Оценка изменения геологической среды Алмалыкского горно-промышленного комплекса	66
Несмеянов С.А. Структурно-геоморфологические исследования для инженерных изысканий на освоенных территориях	70

Барсуков Н.Т. Проблемы инженерной геологии городов Приморского края	75
Соколова Л.Ф., Ненарокова К.Н., Галковская О.В. Подтопление как одна из инженерно-геологических проблем развития г.Москвы	80
Юнусходжиев А.Т., Нагевич П.П., Тахиров Н.Т. К проблеме гидрогеологического обоснования мелиорации городских территорий	84
Дзеваньски Я. Оценка ущерба, нанесенного серной промышленностью окружающей среде (Тарнобжегское воеводство, ПНР)	89
Панченко И.В., Смоляга В.К., Кофф Г.Л. Некоторые вопросы экономической оценки природных ресурсов	92
Кофф Г.Л., Петренко С.И., Качесова Л.П., Кузник Р.Э., Богомолова Т.В., Павлова М.С. Анализ деформаций зданий и сооружений для изучения техногенных изменений геологической среды (на примере г.Москвы).	99

**Гидрогеологические
и инженерно-геологические
условия территории городов**

**МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ
И ПРОГНОЗА ИЗМЕНЕНИЙ**

*Утверждено к печати
Научным советом
по инженерной геологии
и гидрогеологии АН СССР
и Институтом литосферы АН СССР*

Художник *В.Ю. Яковлев*
Художественный редактор *Н.Н. Михайлова*

ИБ № 39877

Подписано к печати 17.04.89. Т-10305
Формат 60 X 90 1/16. Бумага офсетная № 1
Печать офсетная
Усл.печл. 7,5. Усл.кр.-отт. 7,9. Уч.-изд.л. 8,8
Тираж 1100 экз. Тип. зав. 1527. Цена 1 р. 80 к.

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство "Наука"
117864 ГСП-7, Москва В-485,
Профсоюзная ул., д. 90

Ордена Трудового Красного Знамени
1-я типография издательства "Наука"
199034, Ленинград В-34, 9-я линия, 12

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ "НАУКА"

ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННЫХ
ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРОДОВ

20 л. Зр.90к.

В результате техногенных процессов изменения геологической среды приводят к неблагоприятным последствиям в производственно-общественной деятельности: разрушению сооружений, оборудования, коммуникаций, ухудшению среды обитания и т. п. Предвидение этого ущерба необходимо для выбора оптимальных вариантов технологии и размещения строительства, а также обоснования предупредительных и защитных мер. Предлагаемые методические основы могут быть использованы при инженерно-геологических изысканиях, проектировании и строительстве, а также эксплуатации различных объектов.

Для специалистов по инженерной геологии и охране окружающей среды.

РЕШЕНИЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С
ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

10 л. 2р.

В сборнике статей содержатся новейшие материалы по актуальным проблемам решения гидрогеохимических задач теоретической и прикладной (водохозяйственной, мелиоративной, поисковой и др.) направленности с применением математических методов. Представлены математические методы массопереноса, термодинамических равновесий, статистики.

Для гидрогеологов, геохимиков, геологов, географов.

М.Р.НИКИТИН
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КРУПНЫХ РАВНИННЫХ
ВОДОХРАНИЛИЩ НА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
УСЛОВИЯ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

7 л. 1р.40к.

На основе многолетних исследований автором определены гидрогеологические процессы, вызываемые созданием водохранилищ на крупных равнинных реках. Рассмотрены экологические последствия этих процессов, из которых следует особо выделить подтопление земельных угодий и различных сооружений, а также процессы заболачивания и засоления земель. Особое внимание уделено разбору различных методов прогноза подпора подземных вод в берегах водохранилища. Даются рекомендации для использования этих методов, определены причины и величины возможных ошибок, приводятся примеры сопоставления прогноза с фактическими данными подземных вод.

Для гидрогеологов, геологов, экологов, проектировщиков водохранилищ.

РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

15 л. 2р.

В монографии рассматриваются основные закономерности формирования подземных вод. Оцениваются эксплуатационные ресурсы питьевых подземных вод и намечаются пути перспективного водопотребления. Большое внимание уделено охране подземных вод, рассмотрены источники и виды загрязнения, природная защищенность, зоны санитарной охраны водохранилищ и водозаборов подземных вод, даны рекомендации по их защите.

Для гидрогеологов, геологов, гидрологов, инженеров-мелиораторов.

Адреса книготорговых предприятий "Академкнига"
с указанием магазинов и отделов "Книга-почтой":

252107 Киев, ул. Татарская, 6.

197345 Ленинград, ул. Петрозаводская, 7.

117393 Москва, ул. Академика Пилюгина, 14, корп. 2.

1 р. 80 к.

5147