

На правах рукописи

Кузеванов Константин Иванович

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
Г.ТОМСКА**

Специальность 04.00.06

Гидрогеология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск-1998

Работа выполнена в Томском политехническом университете

Научные руководители:

доктор геолого-минералогических наук,
профессор С.Л.Шварцев

кандидат геолого-минералогических наук,
доцент Д.С.Покровский

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук,
профессор Н.М.Рассказов
кандидат геолого-минералогических наук,
В.Г.Иванов

Ведущая организация: Территориальный центр «Томскгеомониторинг»

Защита диссертации состоится 7 апреля 1999 года в 15 часов на заседании диссертационного совета К 063.80.08 в Томском политехническом университете.

Адрес: 634034, г.Томск, пр.Ленина, 30.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Томского политехнического университета.

Автореферат разослан 2 марта 1999 года.

Общая характеристика работы

Актуальность. Города и городские агломерации оказывают активное антропогенное воздействие на все компоненты природной среды. В пределах городских территорий концентрируются очаги интенсивного техногенного влияния на атмосферный воздух и осадки, поверхностные и подземные воды, почвы и горные породы. От их состояния во многом зависит качество среды обитания городского населения. Часто строительство новых и эксплуатация существующих объектов гражданского и промышленного назначения приводят к заметным негативным последствиям, нарушая экологическую безопасность территории. В пределах геологической среды наиболее чутко реагирует на внешнее воздействие самая динамичная ее составляющая - подземная гидросфера. Проявления ответной реакции имеют разнонаправленные и разнообразные формы, характеризующие изменение качественных и количественных характеристик потоков подземных вод. К наиболее выраженным отрицательным последствиям для всей системы городского хозяйства приводят процессы подтопления застроенных территорий и загрязнения подземных вод. Процессы подтопления приняли массовый характер - количество крупных городов, испытывающих прессинг этого грозного явления, исчисляется сотнями, а экономический ущерб, плохо поддающийся точному учету, составляет заметные доли городских бюджетов. Антропогенное загрязнение подземных вод непосредственно связано с ухудшением экологической ситуации и определяется способностью химических элементов включаться в природные циклы миграции, действующие в биосфере.

Комплексный характер взаимодействия подземных вод с городской средой вызывает необходимость многопланового подхода к выявлению характера и масштабов изменений отдельных элементов подземной гидросферы, сформировавшихся под влиянием внешних воздействий техногенного характера. Для Томска известны такие объекты городского хозяйства, где техногенное изменение гидрогеологических условий приводит к возникновению чрезвычайных ситуаций катастрофического характера. Это оползневой склон Лагерного сада, непосредственно угрожающий одному из любимых мест отдыха томичей, микрорайон «Солнечный», где в результате развития процессов подтопления основания жилых высоко-

этажных домов потеряли устойчивость и находятся в аварийном состоянии, многочисленные случаи подтопления более мелких объектов и др.

Таким образом, актуальность исследований гидрогеологических условий в пределах городских территорий определяется необходимостью оценки степени и направленности их изменений для использования полученных данных при принятии любых проектных решений и разработке защитных мероприятий экологической направленности.

Цель работы состоит в выявлении основных закономерностей эволюции гидрогеологических условий городской территории на основе разработки прогрессивных приемов оценки степени техногенного влияния городской застройки на подземные воды.

Основные задачи исследований. Достижение поставленной цели требует решения следующих задач: 1) проанализировать схему фильтрационных потоков; 2) оценить общие закономерности развития процессов подтопления в пределах городской территории на картографической основе; 3) выполнить схематизацию гидрогеологических условий с целью разработки методики прогноза изменения уровня режима подземных вод на участках интенсивной техногенной нагрузки; 4) разработать схему опробования естественных водопроявлений на основе районирования территории города по условиям поверхностного стока; 5) исследовать микробиоценозы естественных водопроявлений, выявленных в черте города.

Исходные данные и личный вклад. Автор занимается проблемой гидрогеологии города с 1979г., постоянно обращаясь к различным ее аспектам. Основные выводы получены в результате многочисленных личных и совместных исследований на кафедре гидрогеологии и инженерной геологии. Для обобщения материалов по гидрогеологическому строению г.Томска и составлению комплекса специализированных карт привлекались фондовые материалы ТомскТИСИЗа. Под руководством Д.С.Покровского выполнен большой объем работ по отбору материалов гидрогеологического содержания, в изучении нескольких сотен производственных отчетов автор принимал непосредственное участие. На различных этапах исследования привлекались фондовые материалы и других организаций (ПО "ТОМСКНЕФТЕГАЗГЕОЛОГИЯ", ПНИЛ ТПУ, Оползневой станции, ГорСЭС, ТГАСУ).

В работе использованы личные наблюдения автора при проведении полевых работ съемочного характера в разных районах города, выполнявшихся в разное время по заказам отдельных предприятий с целью выяснения причин осложнения условий их эксплуатации в связи с деятельностью подземных вод. Разделы, касающиеся моделирования гидрогеологических условий составлены на основе материалов хоздоговорных работ, выполненных на кафедре гидрогеологии и инженерной геологии ТПУ совместно с Ю.В.Макушиным, в которых автор участвовал как исполнитель. В инициативном порядке проведены полевые работы по исследованию естественных водопроявлений и осуществлена их привязка, общая протяженность пеших маршрутов составила более 50 км. Автором лично отобрано более 120 проб, лабораторное исследование которых выполнено при непосредственном участии Н.Г.Наливайко. Все выводы и заключения по работе получены лично автором.

Научная новизна. Для территории г.Томска на основе обобщения материалов многолетних изысканий для целей строительства создана гидрогеологическая стратификация водоносных горизонтов верхней части геологического разреза. Получена гидрогеологическая основа для планирования многоцелевых исследований на территории города. Впервые выявлена гидродинамическая структура фильтрационных потоков подземных вод. Установлены особенности и вскрыты причины развития процессов техногенного подтопления городской территории. Выполнено районирование последней по степени потенциальной подтопляемости, выявлены очаги наиболее активного развития процессов подтопления. Выполнен прогноз работы водозаборных и природоохранных сооружений методами моделирования. Разработано районирование города по условиям поверхностного стока и на его основе составлена схема опробования для характеристики химического и микробиологического состава подземных и поверхностных вод. Обоснованы принципы размещения точек сети режимных наблюдений, являющейся основой литомониторинга. Составлена электронная база гидрогеохимической информации. Впервые дана единовременная характеристика микробиоценозов естественных водопроявлений городской территории. Выявлены микробиологические индикаторы наличия гидродинамической связи подземных и поверхностных вод. Установлена роль поверхностных водотоков как естественных дренажей.

Практическая значимость и реализация работы. Полученная основа в виде схематической гидрогеологической карты, результаты районирования, электронная база гидрогеохимической информации может использоваться для проведения многоцелевых экологических и инженерно-защитных работ на территории города. Так, результаты комплексного анализа гидрогеологического строения положены в основу прогноза изменения инженерно-геологических условий для всей территории г.Томска. Схематизация гидрогеологических условий, выполненная для целей моделирования и комплекс прогнозных фильтрационных расчетов использованы при обосновании дренажной системы комплекса противооползневых мероприятий на склоне Лагерного сада. На базе моделирования гидрогеологических условий водозабора Академгородка определены оптимальные режимы его эксплуатации. Выявленные закономерности гидрогеологического строения, использованы при анализе гидрогеологических условий на многих мелких объектах при подготовке заключений об условиях их эксплуатации.

На защиту выносятся:

1. Основные черты структуры фильтрационных потоков северной и южной частей г.Томска, контролирующие пространственную локализацию ореолов потенциальных источников загрязнения.
2. Главный механизм развития процесса подтопления, связанный с формированием горизонтов техногенной верховодки в зоне аэрации под влиянием двух уровней дренированности территории и барражного эффекта свайных оснований инженерных сооружений.
3. Рациональные эксплуатационные характеристики работы инженерных сооружений на локальных участках сосредоточенной техногенной нагрузки, установленные на основе моделирования гидрогеологических условий.
4. Микробиологические индикаторы наличия тесной гидравлической связи подземных вод в областях разгрузки с поверхностными, в качестве которых предложено использовать некоторые виды бактерий.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на 10 конференциях различных уровней, в том числе на одной международной. По теме диссертации опубликовано 17 работ, в том числе две за рубежом и две статьи приняты к печати. Написано пять научно-производственных отчетов, даны экспертные заключения по отдельным объектам.

Объем работы. Диссертация состоит из четырех глав, введения и заключения, изложенных на 217 страницах, сопровождается списком использованной литературы из 155 названий и иллюстрируется 38 рисунками и 22 таблицами.

Работа выполнена на кафедре гидрогеологии и инженерной геологии Томского политехнического университета под руководством доктора геолого-минералогических наук, профессора С.Л.Шварцева и кандидата геолого-минералогических наук доцента Д.С.Покровского, которым автор выражает благодарность. В диссертационной работе учтены ценные замечания Е.М.Дуговой. Автор высоко ценит опыт продолжительной совместной работы с Ю.В.Макушиным. Большой объем лабораторных исследований выполнен Н.Г.Наливайко. Особую признательность автор выражает всем сотрудникам кафедры гидрогеологии и инженерной геологии и ПНИЛ гидрогеохимии ТПУ за помощь в работе и искреннюю поддержку.

Содержание работы

Глава 1. Характеристика гидрогеологических условий г.Томска и методика исследований их изменений

Проблема изменения гидрогеологических условий на территории городов охарактеризована как сложная, дан обзор методов и основной литературы, посвященной ее решению. **Подтопление застроенных территорий**, поражающее крупные города и отдельные промышленные объекты, оформилось в самостоятельное научное направление с начала 70-х годов нашего столетия. Постановка этих проблем связана с именами С.К.Абрамова, Ф.П.Котлова, В.Е.Анпилова. В дальнейшем развитие методов прогноза подтопления городов и промышленных площадок в связи с проектированием систем инженерной защиты нашло более полное отражение в трудах Е.С.Дзекцера, Е.С.Гавшиной, А.Ж.Муфтахова. На **методы моделирования процессов фильтрации** опирается большинство прогнозных расчетов, связанных с предсказанием поведения уровня подземных вод. Наиболее активно развивается направление математического моделирования на основе использования средств аналоговой и вычислительной техники. Разработка теоретических основ этих методов связана с именами Н.Н.Павловского, В.И. Аравина, Н.И. Дружинина, С.Н. Нумерова, В.С. Лукьянова, П.Ф. Фильчакова, Л.И.Гутенмахера. Широкое

внедрение результатов моделирования в практику гидрогеологических исследований проводилось на основе развития теории подобия в работах Л.И. Седова, В.А. Веникова, А.А. Гухмана, М.В. Кирпичева и др. Разработкой методических основ моделирования в разное время занимались В.М. Шестиков, И.Е. Жернов, И.И. Крашин, М.А. Вевиоровская, Н.А. Огильви, В.А. Мироненко, И.С. Пашковский, И.К. Гавич, У. Карплюс, Р. Де Уист, Я. Бэр, Д. Заславски, С. Ирмей и многие другие. В развитии моделирования процессов фильтрации по И.К.Гавич выделяется шесть этапов, последний тесно связан с прогрессом вычислительной техники. Совершенствованию алгоритмов численных методов отражено в работах Л.Лукнера, В.М.Шестакова, И.К.Гавич, В.М.Мироненко, И.С.Пашковского, А.А.Рошалья, В.А.Ломакина, Е.А.Полшкова. Актуально создание систем постоянно действующих моделей (ПДМ), описаний, например, Ю.О.Зеегофером и др.

По темпам развития и масштабам внедрения в практику прикладных исследований и структур управления с моделированием конкурируют **геоинформационные системы**. Среди большого их разнообразия выделяется самостоятельное направление муниципальных геоинформационных систем (МГИС). Опыт их применения пока не нашел отражения в крупных изданиях монографического характера, но активно обсуждается на страницах «Информационного бюллетеня ГИС ассоциации». **Загрязнение подземных вод** на застроенных территориях протекает особенно интенсивно. Наиболее полно гидрогеохимические аспекты этого процесса отражены в монографии Ф.И.Тютюновой, а теоретические аспекты разработаны С.Л.Шварцевым. Комплексный характер проблемы изменений гидрогеологических условий вызывает повышенный интерес к ней исследователей различных научных специальностей, среди которых ведущая роль принадлежит инженерам-геологам, объединяющим усилия различных специалистов в рамках геологических аспектов охраны окружающей среды В.И.Осипов, Г.Л.Кофф, Г.А.Голодковская, Г.К.Бондарик, В.Т.Трофимов и др.

Изучение подземных вод в Томске, начатое М. И. Кучиным в 1930-х гг, продолжено В.А.Нуднером, Б.В.Плотниковым, В.Л.Карлсоном, Г.Л.Плевако и др. Большой вклад в изучение этой территории внесли ученые кафедры гидрогеологии и инженерной геологии ТПУ П.А.Удодов, Л.А.Рождественская, Н.М.Рассказов, Г.А.Сулакшина, Д.С.Покровский, Н.М.Шварцева, сотрудники ТомскТИСИЗа, ПГО «Томскнефтегазгеология» и других производственных и научных организаций.

Анализ показывает, что непосредственно на территории города крупномасштабные съемочные работы не проводились, нет надежной геологической и гидрогеологической основы, отсутствие этих материалов восполнялось путем обобщения многолетних материалов строительных изысканий.

В диссертации кратко описаны гидрогеологические условия и сделан вывод о том, что наибольшему техногенному влиянию подвержены водоносные горизонты четвертичных отложений, выделена ведущая роль горизонтов верховодки в развитии процессов подтопления.

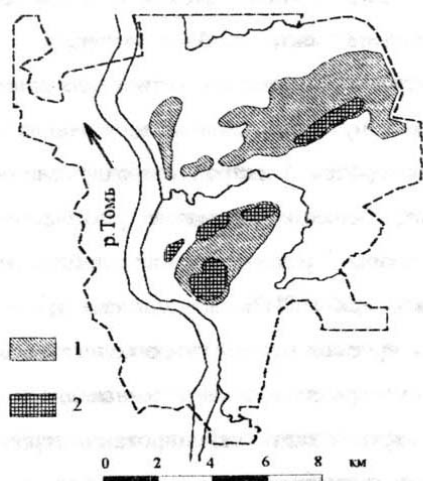


Рис. 1. Контуры развития техногенной верховодки
1 – участки развития верховодки; 2 – участки интенсивного развития подтопления

Описано их исключительно важное дренирующее влияние для застраиваемых площадей. Показано, что во многих случаях при строительстве долины ручьев ликвидируются путем засыпки с устройством глухого дренажа, но эта технология не может считаться эффективной, поскольку не учитывает наличия водных потоков в пределах границ всего водосборного бассейна и приводит к явлению подтопления.

Проведено районирование территории города по условиям поверхностного стока, которое использовано для разработки рациональной схемы гидрогеохимического и микробиологического опробования источников и мелких поверхностных водотоков. Обосновано, что результаты

Охарактеризована методика исследований, которая включала картографирование территории города, методы моделирования, обоснована необходимость опробования естественных водопроявлений. Выполнен анализ структуры поверхностного стока, установлена его тесная связь с подземной составляющей, обоснована необходимость включения в схему опробования мелких поверхностных водотоков.

любых работ дня городской территории необходимо накапливать в электронном виде, допускающей дальнейшую многоцелевую обработку и интерпретацию с использованием моделирования.

Дан обзор современного состояния муниципальных геоинформационных систем, сделан вывод о недостаточном внимании к гидрогеологической информации, даже со стороны кадастровых систем, направленных, кроме прочего, и на стоимостную оценку земельных ресурсов.

Обосновано использование средств стандартного ПК MS OFFICE как унифицированной системы предварительной подготовки гидрогеохимической, микробиологической и другой сопутствующей информации полевой природы для использования в качестве самостоятельных слоев электронной карты города.

Показано, что для г.Томска в условиях отсутствия сети наблюдательных скважин необходимо искать нестандартные пути для анализа гидрогеологических условий и их изменения. Оценку влияния городской застройки предложено выполнять на основе специализированных карт, в качестве исходного фактического материала для составления которых использованы результаты многолетних изысканий для целей строительства из архивов ТомскТИСИЗа. В результате применения специальным образом формализованных приемов отбора гидрогеологической информации из всего объема фактического материала получены данные для построения схематической гидрогеологической карты и карты районирования территории города по типам фильтрационных разрезов до глубины 15м. Выделены одно- двух- и трехслойные разрезы с различным сочетанием хорошо и слабопроницаемых литологических разностей горных пород. На этой основе выполнен анализ степени потенциальной подтопляемости городской территории. Для этого набор специализированных карт был расширен интегральной оценкой техногенного влияния городской застройки, в качестве которой использовалась карта районирования территории города по величине удельного водопотребления. Она принята нами как косвенный показатель величины дополнительного (типа инфильтрационного) техногенного питания. Завершена эта работа построением карты потенциальной подтопляемости г.Томска с выделением участков наиболее интенсивного развития этого процесса и потенциально опасных площадей. На рис. 1, показывающем часть нагрузки этой карты, видно, что верховодка занимает значительную часть города.

Глава 2. Оценка влияния городской застройки на изменение уровней подземных вод

В работе описано влияние городской застройки на гидрогеологические условия в пределах отдельных районов на основе анализа схематической гидрогеологической карты и ее сравнительной оценки с материалами аналогичных обобщений прошлых лет. Оценка темпов изменения и регионального роста уровней выполнена на основе сопоставления схематических гидрогеологических карт 1959 и 1981 гг. Установлено, что на большей части города он составляет 1-5 м, а на отдельных локальных участках достигает 9 м. Сделан вывод о том, что за 20-летний период не произошло существенного подъема уровней подземных вод (с поправкой на точность построения исходных карт) и на отдельных участках нет предпосылок для его роста в дальнейшем. С другой стороны, установлено, что резко расширились площади развития верховодки (рис. 1), сформировавшейся под влиянием дополнительного питания на высоких гипсометрических отметках, что и приводит к подтоплению дополнительных площадей. Дан детальный анализ роста уровней в разных участках города. Сделан вывод о заметной роли барражного эффекта свайных оснований в районах современной застройки, доказано его решающее влияние на нарушение устойчивости основания отдельных зданий, приведена схема типовых условий развития техногенной верховодки.

Нами выявлены важнейшие черты механизма развития процесса подтопления на территории г.Томска. Основным ключом к раскрытию его сути является понимание особенностей условия дренирования. Для подземных вод городской территории, получающих преимущественно местное питание, условия разгрузки резко отличаются по разрезу. Классические признаки высокой степени дренированности справедливы для нижних частей гидрогеологического разреза. Сочетание высоких гипсометрических отметок с развитой, глубоко врезанной гидрографической сетью и особенностями литологического состава, представленного преимущественно песчаными и супесчаными разностями пород, создают весьма благоприятные условия для оттока подземных вод и не способствуют значительному подъему подземных вод. Условия дренирования последних резко ухудшаются в приповерхностной части разреза, где определяющим фактором выступает взаимоотношение фильтрационных параметров отдельных прослоев горных пород, которое во многих случа-

ях благоприятствует развитию горизонтов верховодки на высоких гипсометрических уровнях под влиянием дополнительного техногенного питания.

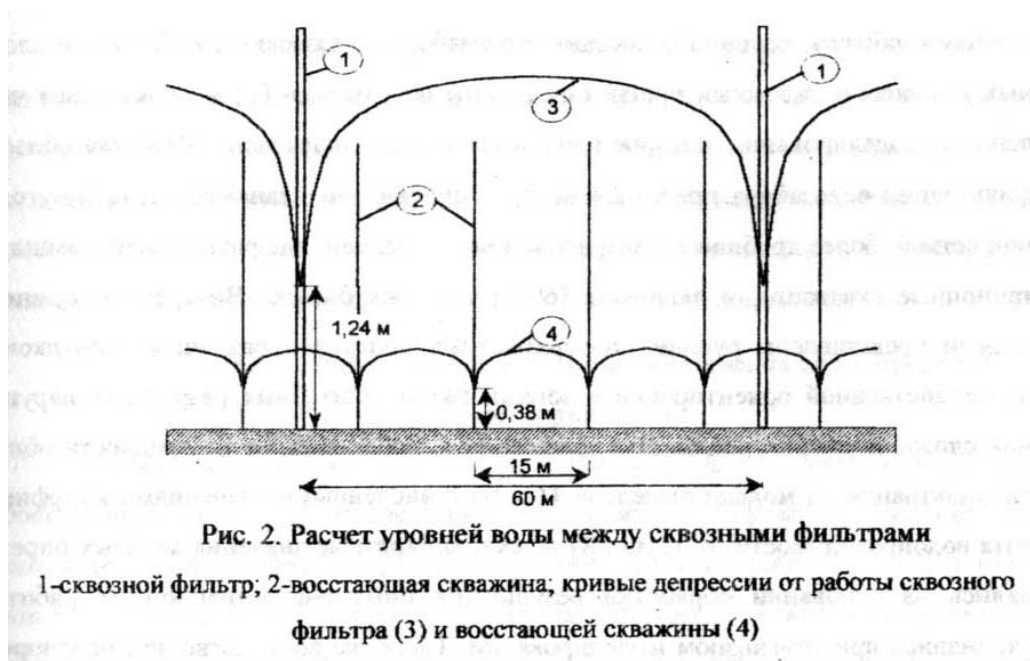
Таким образом, подтопление на территории г.Томска связано не только с подъемом уровней собственно грунтовых вод в зоне насыщения, но и с формированием горизонтов техногенной верховодки в зоне аэрации, для которой потенциально подтопляемыми являются верхние части разреза плоских поверхностей высоких террас и водораздела при благоприятном геологическом строении (разрезы типов Ф-II-I и Ф-III-I).

Глава 3. Прогноз изменения методами моделирования уровней подземных вод на локальных участках сосредоточенной техногенной нагрузки

В главе рассмотрены вопросы прогноза изменения гидрогеологических условий на двух объектах сосредоточенной нагрузки противоположного гидродинамического воздействия с использованием методов моделирования.

Одним из них является береговой склон Лагерного сада, пораженный оползневыми процессами, в активизации которых заметна роль разгрузки подземных вод. В обводнении разреза принимают участие водовмещающие породы палеогенового возраста с относительно низкими фильтрационными параметрами, залегающие на глинистых образованиях коры выветривания и техногенный горизонт верховодки, приуроченный к субаэральным покровным отложениям средне-верхнечетвертичного возраста. Разгрузка подземных вод на береговой склон оказывается решающим фактором в ослаблении устойчивости грунтовой толщи. Мероприятия первой очереди, выполненные для стабилизации склона по проекту «Гипрокоммунстроя» (г.Москва) оказались мало эффективными. Террасирование склона в сочетании с пригрузкой оползневых цирков песчано-гравийной смесью оказалось недостаточным. Вертикальный дренаж не смог обеспечить перехвата фильтрационного потока. Поэтому нами была предложена принципиально иная схема комбинированного осушения склона системой сквозных фильтров и восстающих скважин, отводящих дренажные воды самотеком в штольню, играющую роль сборного коллектора. Это потребовало выполнения фильтрационных расчетов для обоснования конструктивных особенностей сложной дренажной системы и прогноза изменения уровней под влиянием ее работы.

В основу проекта положена идея максимального перехвата подземного потока и исключение возможности выхода его в основании склона. Для оценки эффективности осушения проведено аналоговое моделирование в стационарной постановке и функциях понижения. Расчет кривых депрессии по лентам тока показал,



что при заданной частоте расположения сквозных фильтров (в среднем через 60м при коэффициенте заслона 80%) остаточные уровни велики (рис. 2) и требуется дополнительное снижение остаточной мощности потока восстающими скважинами, расположенными на расстоянии 15-20м. Результаты моделирования контролировались аналитическими расчетами на ЭВМ сквозных фильтров как локальных систем взаимодействующих скважин в пределах четырех самостоятельных участков.

Прогнозные оценки уровня режима под влиянием работы дренажа выполнены с использованием аналитических расчетов, методов моделирования и опираются на сопоставление результатов, полученных конкурирующими способами обработки исходного материала. К сожалению, строительство штольни не завершено, она не может работать в полном объеме и устойчивость склона не восстановлена.

Другой участок исследований связан с анализом изменения гидрогеологических условий под влиянием централизованного водоснабжения Академгородка. Эксплуатационные запасы месторождения подземных вод приурочены к зоне экзогенной трещиноватости, осложненной тектонической нарушенностью и многочисленными дайками основного состава. Водозаборные скважины работают в сложных условиях и надежный прогноз их работы невозможен без использования численного моделирования, которое нами и было здесь применено. Разбивка области фильтрации водозабора представлена ортогональной неравномерной прямоугольной сеткой, более дробной в центральной части модели, где расположены эксплуатационные скважины, и включает 1600 расчетных блоков. Внутренние границы модели представлены руслами поверхностных водотоков различных порядков и пространственной ориентировки и зонами разномасштабных разрывных нарушений сложной конфигурации. Для задания фильтрационной неоднородности области фильтрации на модели выделена 41 зона с численными значениями коэффициента водопроницаемости от 17 до 287 м²/сут, конкретные значения которых определялись на основании обработки результатов опытно-фильтрационных работ и уточнялись при эпигнозном моделировании. Такое же количество зон неоднородности аналогичной пространственной структуры предусмотрено для моделирования емкостных свойств (водоотдачи) водовмещающих пород. Для задания на модели переменного режима работы возмущающих скважин была проанализирована работа водозабора от начала эксплуатации и рассчитан суммарный водоотбор по каждой скважине за квартал. Задание начальных условий конечно-разностного решения, в качестве которого рассматриваются напоры, осуществлялось аналогично с использованием матрицы неоднородности. Выделено одиннадцать зон, в которых задавалось значение напоров с шагом 5 м. Задаваемая величина инфильтрационного питания отвечала общим закономерностям в распределении поверхностного стока с максимумом инфильтрации на плоских возвышенных участках и минимумом на крутых склонах речных долин, где преобладает поверхностный сток. Она уточнялась и корректировалась при моделировании. На эпигнозном этапе выполнялась калибровка модели путем целенаправленного подбора ее элементов. Результаты моделирования оценивались по степени соответствия расчетных понижений фактическим уровням по режимным скважинам. Форма модельной депрессионной

воронки близка к реальной при приблизительно одинаковых конфигурациях их границ. Это доказывает достоверность выполненной схематизации природных условий. Прогнозное моделирование на завершающей стадии расчетов позволило определить оптимальные расходы каждой эксплуатационной скважины.

Результаты численного решения оформлены в виде распределения напоров по водозаборным скважинам, отражающих нарушенные условия эксплуатации водоносного горизонта. Сформулированы рекомендации по эксплуатации водозабора с повышенной производительностью. Отмечено, что акценты прогноза следует сместить в сторону оценок качественного состава подземных вод, а практическое решение этой задачи переходит в плоскость административных решений.

Глава 4. Оценка изменения качества подземных вод в пределах городской территории

В главе рассмотрены вопросы изменения качества подземных вод на основе обобщенных данных по действующим на территории города эксплуатационным скважинам, дополненным результатами химических и микробиологических анализов естественных водопроявлений. Схема опробования разработана автором на основе анализа структуры фильтрационных потоков с учетом районирования территории города по условиям поверхностного стока и использована при проведении полевых работ.

Компонентом, резко отличающим воды городской территории от природных, является хлор. Его средние содержания в водах палеозойских и палеогеновых образований городской территории в 3-4 раза выше содержаний вне городской застройки, а встречаемость значений, превышающих фоновые концентрации (более 10 мг/литр), достигает 40%. Максимальные содержания достигают нескольких десятков, а иногда и сотен мг/л. Повышение концентраций хлора в водах глубоких горизонтов обусловлено его уникальной миграционной способностью и наличием постоянного источника этого элемента - поваренной соли, которая широко используется в городе для борьбы с обледенением дорог.

В подземных водах, наряду с хлором, но со значительно меньшей встречаемостью, фиксируются аномальные содержания иона SO_4^{2-} . Причины обогащения вод сульфатами связаны как с перетоками из верхних загрязненных горизонтов, так и, по мнению Е.М.Дутовой, с активизацией в

нижнекаменноугольных отложениях процессов окисления рассеянной сульфидной минерализации, вызванной водоотбором. Подобное явление имеет место на Академическом месторождении подземных вод, эксплуатирующем воды палеозойских образований.

Значительно большей степенью техногенного воздействия характеризуются воды четвертичных отложений. Загрязнение в них фиксируется по всему спектру определяемых элементов и в больших масштабах. Так, например, среднее содержание Cl^- -иона достигает 35,5 мг/л в пределах водораздела и растет в направлении к низким террасам, а частота встречаемости его повышенных концентраций достигает 80-90%. Воды в пределах города более жесткие, по сравнению с аналогичными вне городской застройки.

Из шести изученных в гидрогеохимическом отношении водосборных бассейнов воды лишь одного, характеризующегося практически полным отсутствием застройки, являются относительно чистыми (ручей Академический). По химическому составу это воды (как в истоках, так и в устье) гидрокарбонатные, натриево-кальциевые, со средним значением pH 7,8 и общей минерализацией 343 мг/л. Эти значения как и общая жесткость и содержание кальция в водах ручья сопоставимы с подземными водами. Содержание хлор-иона в водах хотя и несколько повышено по сравнению со средними значениями в водах палеозоя и палеогена, но не превышает средних значений для вод четвертичных отложений и вод ручьев в целом. Воды остальных четырех бассейнов подвержены техногенным изменениям в гораздо большей степени.

Массовые микробиологические исследования с определением широкого спектра физиологических групп микроорганизмов для территории г.Томска выполнены нами совместно с Н.Г.Наливайко впервые. Опробование базируется на анализе гидродинамической структуры фильтрационных потоков. Результаты этих работ рассматривались в трех аспектах: с точки зрения наличия микробного загрязнения поверхностных и подземных вод, выявления индикаторной роли микробиологических критериев в отношении других видов загрязнений и влияния микробов на явления самоочистки водных объектов. Автор рассматривает полученные материалы как своеобразную точку отсчета в виде единовременного среза, документально фиксирующего состояние микрофлоры для последующих сравнительных оценок и считает, что выполненное опробование имеет в этом смысле

самостоятельное значение, а предложенная схема опробования может играть роль опорной сети режимных наблюдений.

Для бактериальных ассоциаций родников характерно: 1) преобладание аэробной микрофлоры 2) деструкция азотсодержащей органики осуществляется сапрофитными бактериями различных трофических уровней, по количеству которых можно судить о наличии в воде азотсодержащей лабильной органики, 3) в бактериальных ценозах родников, расположенных вблизи автотранспортных предприятий, гаражей и автотрасс, преобладающими являются нефте- и углеводородокисляющие бактерии. Численно микрофлора ручьев превосходит микрофлору родников, как по общему количеству, так и по количеству и разнообразию отдельных физиологических групп. Ручьи гораздо чаще загрязняются аллохтонными сапрофитами. Максимальное их количество было обнаружено в истоке ручья Северо-Восточного в количестве 1223 кл/мл воды, что более, чем в 10 раз превышает требования ГОСТа.

Установлены микробиологические критерии наличия тесной гидравлической связи водоносных горизонтов с дневной поверхностью. Выявленное соотношение аллохтонной и автохтонной микрофлоры, показывает, что такими индикаторами могут служить микроорганизмы аллохтонной группы, представленные протеями, окрашенными формами азотобактера, плесневыми грибами. Среди этих микробов существует строгая специализация: плесневые грибы и дрожжи - типичные обитатели воздушной среды, азотобактер и *Bacillus mycoides* - представители почвы, протей и *Bacillus cereus* - показатели разлагающегося органического вещества. Нашими исследованиями неоднократно обнаружены эти формы микрофлоры при опробовании родников, в том числе установлено их периодическое появление при режимных наблюдениях (источники «Михайловская роща», «Вантовый мост»). Используя эти показатели, можно обоснованно с высокой точностью устанавливать периоды ухудшения качества подземных вод в областях разгрузки, что имеет не только познавательное, но и важное практическое значение, поскольку многие источники на территории города используются для питьевых нужд.

Заключение

В результате проделанной работы создана основа для комплексного анализа гидрогеологических условий городской территории, как с научных позиций, так и в плане решения конкретных вопросов инженерной и природоохранной деятельности. Этой основой является построенная схематическая гидрогеологическая карта территории г.Томска, отражающая основные закономерности распределения подземных вод в самой верхней части геологического разреза в пределах водоносного комплекса четвертичных отложений, подверженного наиболее интенсивному техногенному воздействию. Этот документ активно используется в течение ряда лет самыми разнообразными производственными организациями для решения практических вопросов.

Установлено, что гидрогеологические условия г.Томска изменяются при техногенном влиянии. Это выражается в развитии подтопления, особенности которого определяются наличием двух, существенно различных, уровней дренированности. Наибольшая опасность связана не с подъемом уровней собственно грунтовых вод в зоне насыщения, а с формированием горизонтов техногенной верховодки в зоне аэрации на высоких гипсометрических отметках при благоприятном сочетании фильтрационных свойств горных пород.

Иногда изменение гидрогеологических условий приводит к активизации опасных инженерно-геологических процессов с катастрофическими последствиями, в этих случаях эффективность разрабатываемых защитных мероприятий может быть обеспечена только на основе обоснования проектных решений фильтрационными расчетами.

Жизнедеятельность города оказывает заметное влияние и на качественный состав подземных вод. Их загрязнение фиксируется по ведущим показателям макрокомпонентного состава (ионам Cl^- и SO_4^{2-}) в эксплуатационных скважинах и родинках. Ореолы загрязнения отмечены и по микробиологическому составу вод естественных водопоявлений в пределах городской застройки. Режимные наблюдения позволили установить микробиологические индикаторы наличия тесной гидравлической связи подземных вод с поверхностными в зоне разгрузки.

Большинство источников и поверхностных водотоков несут следы техногенного загрязнения. Наиболее чистой является долина ручья Академического, наименее освоенная. Самый чистый источник расположен

на улице Весенней, он единственный из всех опробованных имеет наиболее сложную систему закрытого каптажа.

На основе использования научных результатов этой работы, автором в течение ряда лет успешно проводятся экспертизы различных технических решений и выявление причин ухудшения условий эксплуатации отдельных инженерных сооружений и районов городской застройки.

Дальнейшие исследования на городской территории должны проводиться в направлении подготовки и проведения комплексного моделирования условий взаимодействия природной обстановки с техногенной нагрузкой. Результаты прогнозных оценок возможных последствий антропогенного воздействия могут рассматриваться как основа планирования развития городского хозяйства. В этой связи особенную важность приобретает накопление фактических материалов, планируемой комплексной съемки городской территории в электронном виде, удобном для обработки средствами компьютерных технологий.

Список работ автора по теме диссертации

1. Оценка потенциальной подтопляемости городской территории (на примере г.Томска) //Геология и минерально-сырьевые ресурсы Западно-Сибирской плиты и ее складчатого обрамления: Тез. докл. IV годичной конф. -Тюмень, 1983-С. 226-228.(Соавторы Д.С.Покровский, Н.П.Середа).
2. Изменение гидрогеологических условий на территории г.Томска //Молодые ученые и специалисты -народ, хозяйству: Тез. докл. IV региональной науч.-практ. конф. - Томск: ТГУ, 1983- С. 27-28. (Соавтор: Н.П.Середа).
3. Районирование территории города для целей изучения загрязнения подземных вод (на примере г.Томска) //XI конф. мол. науч. сотрудников по геологии и геофизике Восточной Сибири: Тез. докл. - Иркутск: ИЗК СО АН СССР, 1984. -С. 123.
4. Обоснование схем фильтрационных разрезов при районировании городских территорий по степени потенциальной подтопляемости//Процессы подтопления застроенных территорий грунтовыми водами: Тез. докл. Всесоюзн. совещ. - Новосибирск, 1984 -С. 121-123. (Соавтор: Д.С.Покровский).
5. Гидрогеологические условия и процессы подтопления территории г.Томска. //Подземные воды юга Западной Сибири. - Новосибирск Наука,1984. -С. 146-153. (Соавтор: Д.С.Покровский).
6. Условия эксплуатации водозабора Академгородка в связи с охраной подземных вод //Водные ресурсы Томской области, их рациональное использование и охрана Тез. докл. н.-пр. конф - Томск: ТГУ, 1990 -С. 35-37 (Соавторы: Ю.В.Макушин, В.А.Алимов).
7. Техногенное влияние на поверхностные и подземные воды в пределах г.Томска //Водные ресурсы Томской области, их рациональное

использование и охрана. Тез. докл. н-пр. конф. (Соавторы: К.М.Шварцева, Н.А.Чье)

8. ... водозабора в условиях трещиноватых пород.//Тез. докл. XIV конф. мол. науч. сотрудин. по геологии и геофизике Восточной Сибири. - Иркутск: ИЗК СО АН СССР1990 -С 123-124
9. Принципы построения постоянно действующей модели Томского водозабора подземных вод //Тез. докл. XIII Всесоюзного совещания по подземным водам Сибири и Дальнего Востока. - Иркутск-Томск: ИЗК СО АН СССР, 1991 -С. 100 (Соавторы: Ю В.Макушин, В. А Алимов).
10. Гидрогеологическое обоснование горизонтального дренажа оползневого склона //Межвузовский сборник научных трудов. - Тюмень: ТИИ, 1991 - С. 28-34 (Соавтор: Ю.В.Макушин).
11. Особенности исследования гидрогеологических условий городской территории. //Фундам. и прикл. проблемы охраны окружающей среды. Международная конф. - Томск: ГШ ИОА СО РАН, 1995 -С. 62-63
12. Схематизация гидрогеологических условий для расчета защитного дренажа склона Лагерного сада г.Томска. //Проблемы геологии Сибири. Тез. докл. науч. конф. посвященной 75-летию геологического образования в Томском госуниверситете, - Томск: УОП ТГУ, 1996.-С. 310-311.
13. Микрофлора природных вод г.Томска как показатель их экологического состояния. //Актуальные вопросы геологии и географии Сибири. Тез. докл. науч. конф., посвященной 120-летию Томского госуниверситета. - Томск: ИПФ ТПУ, 1998. (Соавтор: Н.Г.Наливайко).-С 278-279.
14. Типовые фильтрационные разрезы как основа геоэкологического картирования урбанизированных территорий. //Геологическое картографирование. Тез. докл. Всероссийской науч.-практич. конф. - М: ВСЕГИНГЕО, 1998 -С.91-94 (Соавтор: Д.С.Покровский).
15. Эколого-гидрогеологические исследования территории г.Томска. //Геоэкологическое картографирование. Тез. докл. Всероссийской науч.-практич. конф. – М: ВСЕГИНГЕО, 1998. -С. 100-103 (Соавтор: Н.Г.Наливайко).
16. The impact of urbanisation on the hydrogeoiological conditions of Tomsk, Russia. //Proceedings of XXVIIth Congress IAH -Nottmngnam,UK,1998.-v.2, p.348-354. (Соавторы: D.S.Pokrovsky, G.M.Rogov).
17. The chemical and microbiological composition of urban groundwater, Tomsk, Russia. //Proceedings of the XXVIIth Congress IAH. -Nottingham,UK, 1998 - v.2, p. 371-376. (Соавторы Е.М.Dutova, N.G.Nalivaiko, J.G.Kopylova).
18. Гидрогеологическая основа экологических исследований Томска //Экогеологические проблемы Западной Сибири. Принята к печати.
19. Гидрогеологические проблемы строительного освоения территории Томска. //Экогеологические проблемы Западной Сибири. Принята к печати. (Соавтор: Д.С.Покровский).