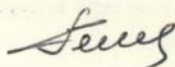


На правах рукописи

РЕШЕТОВ  
Иван Константинович



**ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ  
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ  
ФОРМИРОВАНИЯ ПРЕСНЫХ ПИТЬЕВЫХ ВОД  
В МАЛЫХ АРТЕЗИАНСКИХ БАССЕЙНАХ  
СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ДОНБАССА  
В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА**

Специальность: 04.00.06—Гидрогеология

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени доктора геологических наук

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00740402 (H)

ДВ 24.408

Дисертацією являється рукопись.

Робота виконана в Харківському державному університеті.

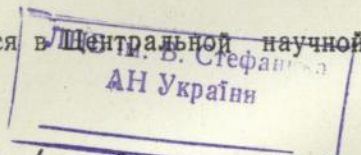
- Офіційні опоненти: — доктор геолого-мінералогічних наук, професор Язвин Леонід Семенович;  
— доктор геолого-мінералогічних наук, професор Лур'є Анатолій Іонович;  
— доктор технічних наук, професор Яковенко Павел Іванович.

Ведущая організація: Український науково-дослідницький центр охорони вод Міністерства природи України.

Захист дисертації состоится «24» мая 1996 г.

в 13.00 на засіданні спеціалізованого ради Д 02.02.02 по захисті дисертацій на соискание ученої ступені доктора наук в Харківському державному університеті: Україна, 310077, г. Харків-77, пл. Свободи, 4, геолого-географічний факультет, аудиторія VI—68.

С дисертацією можна ознайомитися в Центральної наукової бібліотеці ХГУ.



Автореферат розослан «17» апреля 1996 г.

Учений секретар  
спеціалізованого ученого  
ради

*Ю. А. Борисенко*

Ю. А. Борисенко

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Современное состояние геологической среды Восточной Украины рассмотрено на примере Донецкой, Луганской и Харьковской областей. Здесь развита горнодобывающая, химическая, металлургическая, энергетическая промышленность, высоко развито сельское хозяйство. Экологические последствия техногенных воздействий на природную систему региона оказались весьма негативными. Изъятие огромных литогеохимических масс из недр и перемещение их на дневную поверхность из шахт, карьеров, рассоло-промыслов, водозаборов, выбросы твердых и газообразных веществ в атмосферу, химизация сельского хозяйства привели к существенным изменениям в ландшафте и загрязнению атмосферы, литосферы и гидросферы. Загрязнение атмосферы, почв и поверхностных вод, в свою очередь, вызывает загрязнение подземных вод ввиду их слабой естественной защищенности. В этих условиях рационализация использования подземных вод, их охрана от истощения и загрязнения, проведение водоохраных мероприятий весьма актуальны.

Влияние техногенных факторов на режим формирования подземных вод проявляется в изменении его пространственно-временных характеристик. Основным водоносным горизонтом, широко используемым для централизованного водоснабжения, является мело-мергельный. Интенсивная эксплуатация горизонта привела к его истощению и загрязнению. В связи с этим регион испытывает острый дефицит в чистых питьевых водах. В геологической литературе бытует мнение о невозможности восполнения этого дефицита за счет подземных источников. Поэтому автор считает необходимым с новых позиций провести геолого-гидрогеологическое обоснование возможности выявления новых источников подземных вод. Такими источниками, как установлено нашими исследованиями, могут быть водоносные комплексы мезозоя малых артезианских бассейнов (МАБ). Помимо этого улучшению водоснабжения могут способствовать и традиционные источники при внедрении новых природоохраных мероприятий.

Диссертационная работа подготовлена в Харьковском государственном университете. Она является составной частью исследований, выполненных при непосредственном участии или под руководством автора в связи с разработкой вопросов рационального использования и охраны подземных вод Украины в рамках государственных и хозяйственных тематик.

**Цели и основные задачи исследований:** Обеспечение промышленных районов Донбасса подземными водами для питьевого водоснабжения можно достичь выявлением новых источников питьевых подземных вод и рациональным использованием действующих. Достижение этой цели возможно следующими путями: а) геологическое прогнозирование новых источников пресных питьевых подземных вод; б) рациональное использование существующих

источников хозяйственно-питьевого водоснабжения; в) охрана подземных вод от истощения и загрязнения.

Основными задачами исследований явились:

1. Выявление и обоснование региональных геолого-литологических, гидрогеодинамических и гидрогеохимических закономерностей формирования подземных вод с количественной оценкой естественных и эксплуатационных ресурсов подземных вод мезозоя МАБ.

2. Разработка геолого-гидрогеологического обоснования модели МАБ и изучение структуры систем, регионального распределения параметров в них.

3. Разработка фазово-зональной модели формирования водных ресурсов в условиях техногенеза; разработка прогнозных детерминированных и вероятностно-статистических моделей динамики подземных вод МАБ, охраны и рационального использования подземных вод.

4. Разработка методики комплексного пространственно-временного мониторинга МАБ, охватывающего процессы в воздушной, водной и геологических средах.

5. Усовершенствование методики и разработка рекомендации по оценке естественных ресурсов отдельных водоносных горизонтов в условиях техногенеза.

**Методика исследований.** Методологической основой исследований являлся комплексный и системный подход к решению задач на базе большого фактического материала. Работа заключалась:

— в анализе и обобщении фондовых и опубликованных материалов по региональной геологии, литологии, тектонике, гидрогеохимии, гидрогеологии территории Северо-Западного Донбасса;

— в применении палеогидрогеологического анализа для изучения региональных закономерностей формирования и эволюции химического состава подземных вод мезо-кайнозойских отложений МАБ;

— в выполнении графоаналитических и математико-статистических исследований (корреляционный, факторный и другие анализы) при обосновании расчетных моделей водоносных комплексов МАБ и выявлении пространственно-временных закономерностей эволюции химического состава вод, установлении региональных особенностей динамики;

— в применении метода математического моделирования с целью определения балансовой структуры естественных и эксплуатационных запасов водоносного горизонта мело-мергельной толщи и водоносного комплекса верхнетриасовых отложений и их количественной оценки;

— в экспериментальном изучении распределения содержания тяжелых металлов в грунтах техногенных ландшафтов.

## **ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ И ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРА В РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ**

В основу диссертации и опубликованных работ положены материалы, собранные и систематизированные автором за более чем 25 лет гидрогеологических и тематических исследований, проведенных в ПГО «Донбассгеология» (1965—1988 гг.) и в Харьковском государственном университете (1988—1995 гг.).

Фактическим материалом для обоснования научных положений данной работы явились результаты региональных гидрогеологических работ для нужд централизованного водоснабжения, стационарных наблюдений и тематических исследований. Выявленные закономерности основываются на большом фактическом материале: изучено около 10 тысяч химических анализов проб воды, сделанных для определения ионно-солевого, микрокомпонентного и газового состава. Для гидродинамических построений и определения взаимосвязи этажно залегающих водоносных комплексов, выявления различных корреляционных зависимостей использовано несколько тысяч показателей уровня режима. Для построения карт, гидрогеологических сопоставлений проанализированы и использованы данные более тысячи скважин различного назначения.

В процессе работы над диссертацией учтены данные исследований ИГН НАН Украины, КГУ, ВСЕГИНГЕО, МГРИ, МГУ, ХГУ, подразделений Госкомитета по геологии и охране недр.

Во время проведения работ автор принимал в них участие в качестве ответственного исполнителя или научного руководителя. Научные положения, выносимые на защиту, разработаны автором самостоятельно.

### **НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ И ОСНОВНЫЕ ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Работа представляет собой первое теоретическое обобщение региональных закономерностей пространственного распределения и условий формирования подземных вод в МАБ Северо-Западного Донбасса как в естественных условиях, так и в условиях техногенного воздействия на геологическую среду. Для организации рациональной эксплуатации действующих водозаборов, успешного ввода в эксплуатацию новых перспективных водоносных комплексов МАБ, охраны подземных вод от истощения и загрязнения требуется не только фиксация отрицательных факторов техногенного воздействия на геологическую среду, но и переход к количественной оценке этих воздействий.

На защиту выносятся следующие основные положения:

1. Выявлены закономерности пространственного распределения и основные факторы формирования подземных вод МАБ. Для их выявления сделано следующее:

— конкретизировано понятие МАБ, установлены его структура, внешние и внутренние границы, положение МАБ по отношению к Днепровско-Донецкому артезианскому бассейну (ДДАБ) и Донецкой гидро-геологической складчатой области (ДГСО);

— установлены новые геолого-литологические особенности водоносных горизонтов и комплексов МАБ;

— дана оценка влияния физико-географических и геолого-структурных факторов на особенности гидродинамических и гидрогеохимических условий региона;

— доказана теоретическая возможность и подтверждено открытием месторождений формирование пресных питьевых вод на глубинах до 1200 м, что является абсолютно новым для региона (главы 1, 2, 3).

2. Установлены закономерности формирования ресурсов подземных вод мезозойских отложений МАБ, дана количественная оценка естественных и эксплуатационных ресурсов подземных вод, определена балансовая структура запасов. Для получения результатов реализовано следующее:

— выполнена типизация и схематизация гидрогеологических условий водоносного комплекса верхнетриасовых отложений и водоносного горизонта мело-мергельной толщи верхнего мела;

— определены граничные условия верхнемелового и верхнетриасового водоносных комплексов и их основные фильтрационные параметры, характер их распределения;

— выполнена региональная оценка естественных ресурсов водоносных горизонтов и комплексов мезозоя;

— выполнена региональная оценка эксплуатационных запасов и установлена их балансовая структура с применением математического моделирования (глава 4).

3. Выявлены региональные закономерности техногенного воздействия на геологическую среду на территории Восточной Украины. Чтобы количественно выразить эти закономерности, осуществлено следующее:

— разработана фазово-зональная модель формирования подземных вод в условиях техногенеза;

— дана оценка региональных техногенных воздействий на химический состав атмосферного воздуха, атмосферных, поверхностных и подземных вод;

— использованы детерминированные и вероятностно-статистические модели для выявления пространственно-временных закономерностей техногенного воздействия на геологическую среду (глава 5).

4. Оценка степени защищенности подземных вод и предлагаемые подходы к решению проблемы рационального использования геологической среды. Для этого сделано следующее:

— произведена количественная оценка естественной защищенности подземных вод мезо-кайнозойских горизонтов и комплексов;

— выполнено районирование территории по степени техногенного воздействия на геологическую среду;

— составлена схема организации и ведения мониторинга атмосферных, поверхностных и подземных вод МАБ;

— разработана новая система рационального использования подземных вод применительно к техногенному комплексу Донбасса;

— разработаны рекомендации по совершенствованию методики оценки обеспеченности ресурсов подземных вод, проведению гидрогеологических исследований для нужд водоснабжения и организации регионального мониторинга МАБ (главы 6, 7).

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ**

Диссертационная работа соответствует «Комплексной программе научных исследований и внедрения в производство результатов исследований по проблеме использования и охраны водных ресурсов» и научно-технической программе «Изучение естественных и техногенных процессов геологической среды Украины, совершенствование методов их прогноза и разработка природоохранных мер», (Задание 02.04 — Оценить изменение водных ресурсов техногенно нагруженных территорий на примере изучения взаимодействия подземных и поверхностных вод Донбасса) и научной тематике ГКНТ Украины «Охрана окружающей среды» — «Чистая вода — модели, прогнозы».

Исследования автора являются составной частью работ по разведке источников централизованного водоснабжения Донецкого бассейна. Практический результат данной работы — разведанные запасы подземных вод (с апробацией их ГКЗ и УкрТКЗ), на основе которых введено в эксплуатацию пять новых водозаборов.

Проведенными исследованиями доказана принципиальная возможность повышения производительности действующих водозаборов, а для многих случаев показана эффективность устройства новых водозаборов за счет подземных вод мезозойских отложений. Выводы и рекомендации автора наряду с другими исследованиями послужили основой для постановки детальных разведочных работ и открытию ряда месторождений подземных вод (Ново-Дмитриевское, Камышевахское-Глубокое, Криволукско-Глубокое и другие).

Выявленные закономерности техногенного воздействия на окружающую среду в пределах Восточной Украины учтены при составлении схем рационального использования и охраны водных ресурсов.

Составленные автором или при его непосредственном участии комплекты карт, гидрогеологические разрезы, гидродинамические схемы, геолого-гидрогеологические сопоставления находят применение при постановке и проведении гидрогеологических исследо-

ваний по каждому МАБ. Рекомендации по оптимизации режима эксплуатации действующих скважин, методике определения обеспеченности естественных ресурсов подземных вод, организации мониторинга внедрены в ПГО «Донбассгеология», «Луганскгеология» и ПО «Донбасспромвод».

Некоторые методические разработки и конкретные результаты исследований вошли в читаемые автором учебные спецкурсы: «Поиски подземных вод, их охрана и рациональное использование», «Геолого-экологическая съемка и мониторинг геологической среды» и другие.

**Апробация результатов исследований.** Основные положения диссертации в разные годы докладывались и представлялись на различных совещаниях международного, всесоюзного, республиканского и отраслевого уровней: на научно-техническом совете ПГО «Донбасс-геология» (Артемовск, 1970, 1974, 1979, 1983, 1986, 1988), республиканской геологической конференции «Степановские чтения» (Артемовск, 1968, 1970, 1986), Первой республиканской конференции «Охрана подземных вод Украины от истощения и загрязнения» (Киев, 1970), республиканском координационном совещании (Киев, 1972), заседаниях секции ИГН НАН Украины по проблемам гидрогеологии и инженерного грунтоведения (Киев, 1975, 1978), научно-технических конференциях МГРИ (Москва, 1978, 1983, 1985, 1992), республиканском семинаре «Проблемы гидрогеологии в связи с охраной геологической среды на территории Украины» (Киев, 1987), IV Всесоюзном совещании «Теория и практика геохимических поисков в современных условиях» (Ужгород, 1988), Первом Всесоюзном съезде инженеров-геологов, гидрогеологов, геокриологов (Киев, 1988), республиканской конференции «Биоэкологические исследования лесов техногенных ландшафтов степной зоны Украины» (Днепропетровск, 1989), республиканском семинаре «Геолого-экологические проблемы Украины» (Днепропетровск, 1991), Втором Международном симпозиуме «Освоение месторождений минеральных ресурсов и подземное строительство в сложных гидрогеологических условиях» (Белгород, 1993), республиканской конференции «Принципы и методы картографирования геологической среды для экологических оценок» (Киев, 1994), международной научно-практической конференции с проблем образования системы экологического образования в Украине (Харьков, 1994), міжнародній науково-практичній конференції «Геоологічні дослідження: стан і перспективи» (Івано-Франківськ, 1995).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано более 40 научных работ, в том числе 2 монографии (в соавторстве) и 2 препринта (в соавторстве), 5 методических рекомендаций для учебных спецкурсов, 35 статей и тезисов докладов. По теме диссертации оформлено свыше 40 производственных и научно-исследовательских отчетов (на правах рукописи) с комплектами тематических разномасштабных карт, подсчетом запасов пресных и минераль-

ных вод, апробированных в ГКЗ и УкрТКЗ; отчетов по режиму подземных вод, составленных при непосредственном участии и под руководством автора в 1968—1995 гг.

**Структура и объем работы.** Диссертация изложена на 290 с. машинописного текста (общий объем 463 с.), состоит из введения, 7 глав и заключения, иллюстрирована 81 рисунком, 44 таблицами, библиография включает 366 наименований.

Во введении показана актуальность выполненных исследований.

В главе 1 «Физико-географические факторы формирования подземных вод МАБ» рассмотрены основные физико-географические факторы формирования подземных вод.

В главе 2 «Геолого-структурные факторы формирования МАБ Северо-Западного Донбасса» рассмотрены тектоника и условия формирования депрессий, охарактеризованы литолого-генетические особенности разреза мезозоя.

В главе 3 «Пространственные закономерности распределения подземных вод в МАБ» предложено новое гидрогеологическое районирование. Проанализированы гидрогеологические условия мезо-кайнозойского структурного этажа, которые формируют структуру подземных вод как в естественных условиях, так и при техногенном воздействии.

Глава 4 «Региональные закономерности формирования подземных вод в малых артезианских бассейнах» посвящена анализу генетических условий формирования естественных и эксплуатационных ресурсов водоносных комплексов мезозоя, дана их количественная оценка и балансовая структура.

В главе 5 «Фазово-зональная модель формирования подземных вод в условиях техногенеза» отражены результаты совокупного техногенного воздействия на регион. В качестве методологии исследований использован системный подход. С этих позиций атмосфера, наземная гидросфера и литогидросфера рассмотрены как системы, предложена модель фазово-зонального формирования подземных вод в условиях техногенеза. Основное внимание в данной главе уделено влиянию эксплуатации на формирование режима подземных вод, их охране от истощения и загрязнения. Загрязнение подземных вод в процессе эксплуатации проанализировано в пространственно-временном аспекте.

В главе 6 «Устойчивость природно-техногенных систем МАБ и предлагаемые подходы к решению проблемы рационального использования геологической среды» дана оценка естественной защищенности подземных вод; рассмотрены вопросы устойчивости ПТГС к техногенным воздействиям; изучено влияние отдельных водозаборов на окружающую среду; разработана схема оптимизации эксплуатации водозаборов в целях охраны от истощения и загрязнения; предложена схема мониторинга окружающей среды в пределах водоохранной зоны Северского Донца.

В главе 7 «Методические разработки по оценке запасов подземных вод и рекомендации по проведению поисково-разведочных работ на глубокие горизонты» посвящена отдельным теоретическим и практическим вопросам проведения поисково-разведочных на воду работ глубоких водоносных комплексов мезозоя МАБ.

В заключении сформулированы результаты исследований.

Многие вопросы, затронутые в диссертации, обсуждались и публиковались с сотрудниками ИГН НАН Украины Бутом Ю. С., Осокиной Н. П., Янчевым В. К.; КГУ — Дробноходом Н. И., Мандрыком Б. Н.; МГГА — Крысенко А. М., Филипповой Г. А.; ХГУ — Дворовенко В. П., Терещенко В. А.; ДГУ — Кораблевой А. И., Антоненко Т. А., АГРЭ — Бобровым В. П., Гаврик С. И. Автор считает своим долгом всем выразить глубокую благодарность.

Автор выражает признательность доктору технических наук, профессору Черваневу И. Г. за ценные консультации и помощь в работе.

Далее содержание работы излагается в соответствии с защищаемыми положениями.

## ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

1. Выявлены региональные закономерности пространственного распределения и основные факторы формирования подземных вод (главы 1, 2, 3).

Северо-западные окраины Донбасса занимают промежуточное положение между ДДВ и складчатым Донбассом и представлены двумя структурами — Бахмутской и Кальмиус-Торецкой котловинами.

Восточным крылом Бахмутской котловины является Алмазно-Марьевский синклиниорий, ее южное крыло отвечает крыльям Главной и Дружковско-Константиновской антиклиналям, на северо-западе котловина условно ограничена куполовидными структурами. Среди внутренних структур Бахмутской котловины выделяются: Криволукская, Краматорско-Часовоярская, Камышевахско-Лиманская, Изюмская синклинали.

Кальмиус-Торецкая котловина вторая структура, ограничивающая на западе складчатый Донбасс. Ее северное крыло имеет общую границу с Бахмутской котловиной, западное крыло проводится по Криворожско-Павловскому сбросу, южная и восточная границы уходят за пределы региона. Среди внутренних структур Кальмиус-Торецкой котловины выделяются: Райско-Калиновская брахисинклиналь, Торецкая, Семеновская мульды.

Кристаллический фундамент находится на глубинах 5—15 км и перекрывается мощным осадочным чехлом. Последний включает в себя три структурных этажа — палеозойский, мезозойский, кайнозойский.

Палеозойский этаж представлен девонскими, каменноугольными и пермскими отложениями, (чередующиеся пласты песчаников, алевролитов, аргиллитов, известняков и доломитов, углей, каменной соли мощностью до 10 км).

Мезозойский этаж состоит из триасовой, юрской и меловой систем и имеет распространение в синклиналих структурах, отсутствуя на антиклинальных. Триасовые отложения представлены песчаниками, аргиллитами и алевролитами, глинами, песками мощностью до 1200 м, юрские — песками, песчаниками, известняками, глинами мощностью до 700 м. Меловая система завершает мезозойский структурный этаж. Нижнемеловые отложения и сеноманский ярус верхнего мела слагают кварцево-глауконитовые пески, песчаники с фосфоритами и желваками мощностью до 50 м. Остальные отделы представлены мело-мергельной толщей (белый писчий мел, мелоподобные мергели) суммарной мощностью от 200 до 600 м.

Кайнозойский этаж включает в себя палеогеновые, неогеновые и четвертичные отложения. Палеоген и неоген распространены на водоразделах (разнозернистые пески, глины) мощностью 10—40 м, а в компенсационных воронках — до 400 м. Четвертичные отложения встречаются повсеместно и различны по генезису и составу: аллювиальные отложения в долинах рек (пески, илы, супеси), эоловоделювиальные и аллювиально-делювиальные отложения водоразделов и их склонов (суглинки, глины) суммарной мощностью до 60 м.

Впервые подразделения Донецкого бассейна на естественные гидрогеологические районы было выполнено в 1929 г. Выделение десяти гидрогеологических районов было сделано в соответствии с тектоническими структурами палеозоя. Последнее районирование отражено в т. VI Донбасс, где приведено и районирование ВСЕГИНГЕО. Согласно этому районированию исследуемый регион относится к северо-западной части трещинных и трещинно-пластовых вод Донбасса (IV Бахмутско-Торецкий регион).

Нами (Решетов И. К., 1979; Бут Ю. С., Решетов И. К. и др., 1987), выполнено новое районирование с выделением малых артезианских бассейнов. МАБ рассматривается нами как гидрогеологическая система. Под гидрогеологической системой (ГГС) согласно определению Гавич И. К. (1984), Фролов Н. М. (1988) понимается организованная совокупность гидрогеологических элементов, связанных и взаимодействующих между собой и внешней средой и образующих единое целое.

МАБ имеет следующие размеры: ширина от 3 до 20 км, длина от 10 до 80 км. По условиям залегания подземных вод в МАБ выделено три вида ГГС: а) с грунтовыми водами; б) промежуточные — с грунтово-напорными водами; в) с напорными водами.

В МАБ Кальмиус-Торецкой котловины в гидрогеологическом разрезе насчитывается от 2 до 6 водоносных горизонтов и комплексов и разделяющих их слабоводопроницаемых слоев, а в МАБ

Бахмутской котловины — от 10 до 12 водоносных горизонтов и комплексов и слабопроницаемых слоев.

Переслаивание большого количества водопроницаемых и слабопроницаемых слоев привело к образованию множества выдержанных водоносных горизонтов и комплексов. Слабопроницаемые породы не обеспечивают полной изоляции, поэтому в естественных и нарушенных эксплуатацией условиях происходит вертикальный водообмен между отдельными горизонтами. Наличие вертикальной взаимосвязи грунтовых и напорных горизонтов, разделенных слабопроницаемыми слоями и влияние этой взаимосвязи на характер динамики напорных вод установлено в артезианских бассейнах платформенного типа.

Наличие такой взаимосвязи установлено нами в пределах МАБ. Распределение гидростатических напоров зависит от степени и характера расчлененности рельефа. Области максимальных напоров соответствуют местным водоразделам, а область пьезоминимумов приурочена к долинам рек. Максимальные отметки подземных вод мело-мергельной толщи приурочены к водоразделам, минимальные — к долинам Северского Донца, Казенного Торца и др. Характер зеркала подземных вод отражает наличие нескольких областей питания, окаймленных местной системой дренирования. Питание горизонтов происходит по всей площади его распространения.

Максимальные отметки пьезометрической поверхности верхнетриасового водоносного комплекса приурочены к Артемовской антиклинали, минимальные — к долинам Северского Донца и его притоков. Пьезоминимумы приурочены к некоторым антиклинальным структурам — Мечебиловской, Велико-Камышевахской.

На участках местных водоразделов уровни подземных вод мело-мергельной толщи устанавливаются на 10—15 м выше уровней напорных вод триасового комплекса, а в долинах рек, наоборот, пьезометрические уровни верхнетриасового комплекса на 10—15 м превышают пьезометрическую поверхность мело-мергельной толщи. Тесная связь пьезометрических уровней водоносного комплекса нижней перми с поверхностью земли выявлена в долине р. Казенный Торец, где пьезометрические уровни нижнепермского комплекса залегают выше уровней аллювиального водоносного горизонта.

Существующая тесная зависимость между конфигурацией пьезометрической поверхности глубоких горизонтов и современного рельефа земной поверхности свидетельствует о том, что дренирующее влияние основных рек (Северский Донец, Казенный Торец и др.) распространяется на глубину до 1200 м. Гидродинамический анализ подтвержден корреляционным анализом. Коэффициенты корреляции между земной поверхностью и пьезометрическими уровнями мело-мергельной толщи составляют 0,80—0,95; коэффициенты корреляции между положением пьезометрических уровней триасовых отложений и земной поверхностью равны 0,75—0,90.

Движение подземных вод в МАБ сложное: имеют место нисходящая фильтрация, движение от областей питания к области разгрузки по пласту, восходящая фильтрация в долинах рек и вдоль зон тектонических нарушений. Слабопроницаемые породы не обеспечивают полной изоляции водносных горизонтов. Гидравлическая взаимосвязь водоносных горизонтов и комплексов осуществляется также через литологические окна и тектонически ослабленные зоны, что подтверждается существованием гидрохимических и геотермических аномалий, выявленных вдоль зон Марьевского, Северо-Донецкого и других нарушений (Решетов И. К., Суярко А. В. и др.). К тектонически ослабленным зонам приурочены выходы родников с дебитами свыше 10 л/с — со смешанным типом вод по химическому составу. В зоне Марьевского и Северо-Донецкого надвигов в виде родников разгружаются воды меломергельной толщи и верхнеюрских отложений (Решетов И. К.).

Закономерности распределения и формирования пресных и минерализованных вод Северо-Западного Донбасса проанализированы методом палеогидрогеологического анализа. В истории геологического развития Северо-Западного Донбасса с конца позднекаменноугольной эпохи выделяется четыре этапа развития, которым соответствуют гидрогеологические циклы. Принято понятие «гидрогеологический цикл», предложенное Карцевым А. А. и др. Неоднократная смена морских и континентальных условий осадконакопления сопровождалась захоронением морских вод с соленостью от 35 до 320 г/дм<sup>3</sup> (садка гипса и галита) и даже 470 г/дм<sup>3</sup> (садка карналита) с последующим замещением их инфльтрационными. В периоды важнейших фаз складчатости — бретонской, заальской, пфальцской, киммерийской, ларимийской и савской — по зонам региональных разломов происходила разгрузка глубинных вод, насыщенных макроэлементами и газами.

Основные черты современной гидрогеологической и гидрогеохимической обстановки начали формироваться после проявления савской фазы альпийского тектогенеза, когда на территории Северо-Западного Донбасса установился континентальный режим. Наиболее благоприятные условия для замещения минерализованных вод возникли в синклинальных мезозойских структурах. Здесь сформировались пресные воды с минерализацией 1—2 г/дм<sup>3</sup> на глубинах до 1200 м; на антиклинальных структурах аналогичные по составу воды залегают на глубинах 100—300 м.

Определенную роль в водообмене и гидравлической взаимосвязи горизонтов играют неотектонические движения, характер проявления которых для внутренних структур Бахмутской и Кальмиус-Торецкой котловин неодинаков: в первой палеоген-неогеновые отложения почти полностью размыты, во второй — распространены повсеместно.

Особенности динамики подземных вод, истории геологического развития и соляной тектогенез определили своеобразие гидрогеологических условий, гидродинамической и гидрогеохимической зо-

нальности. В синклиналичных структурах сформировались пресные воды на глубинах до 1200 м, ниже по разрезу минерализация увеличивается и составляет 100—250 г/дм<sup>3</sup>. Теоретически обоснованное формирование пресных подземных вод на больших глубинах в МАБ подтверждено открытием и разведкой крупных месторождений пресных питьевых вод (Решетов И. К., Махонин В. Т., Оробец Н. Д., и др.).

2. Закономерности формирования и количественная оценка естественных и эксплуатационных ресурсов водоносных комплексов мезозоя МАБ, балансовая структура запасов (глава 4).

В связи со сложными гидрогеологическими условиями подземных вод МАБ и отсутствием данных длительных наблюдений за режимом подземных вод верхнетриасового водоносного комплекса, для оценки естественных ресурсов подземных вод комплекса использованы: гидродинамический метод, включающий анализ карт гидроизопьез и коэффициентов водопроницаемости, и метод математического моделирования (Решетов И. К., 1979; Бут Ю. С., Решетов И. К., Дробноход Н. И. и др., 1987).

Оценка естественных ресурсов подземных гидродинамических вод верхнетриасового водоносного комплекса выполнена методом моделирования. Установлено, что естественные ресурсы подземных вод водоносного комплекса верхнетриасовых отложений МАБ сравнительно невелики (от 8,5 до 20,0 тыс. м<sup>3</sup>/сут.), модуль естественных ресурсов изменяется от 0,25 до 1,0 л/с·км<sup>2</sup>. Минимальные значения естественных ресурсов модулей зафиксированы в Бахмутской котловине, где верхнетриасовые отложения залегают на глубинах до 900 м; максимальные — отмечены в МАБ Кальмиус-Торецкой котловины, где водоносный комплекс верхнетриасовых отложений залегают на глубинах до 200 м. В сложных гидродинамических условиях для существенного повышения точности гидродинамического метода при оценке естественных ресурсов использован метод моделирования на аналоговых машинах. Оценка естественных ресурсов методом моделирования выполнена на примере Камышевахского и Райско-Калиновского МАБ.

Фильтрационная модель Камышевахского МАБ представлена в виде трехслойной толщи, включающей в себя: водоносный горизонт четвертичных и меловых отложений; водоупорную толщу верхнего мела и юры; водоносный комплекс триасовых отложений.

В результате исследований уточнены площади питания и разгрузки водоносного комплекса в естественных условиях. Области питания комплекса находятся на выходах триасовых отложений на дочетвертичную поверхность в крайних частях, а также на водораздельных пространствах напорной зоны комплекса, где уровни в меловых отложениях устанавливаются выше пьезометрических уровней триасового комплекса. Разгрузка комплекса происходит в долине р. Северский Донец и ее притоков, причем в безнапорной зоне осуществляется непосредственное дренирование, а на остальной территории — восходящая фильтрация через раздельные

слои. В балансе естественных ресурсов верхнетриасового комплекса Камышевахского МАБ инфильтрационное питание составляет 29%, а переток из вышележащих отложений — 71%.

Фильтрационная модель Райско-Калиновского МАБ представлена в виде трехслойной толщи: в напорной зоне водоносный комплекс в четвертичных, неогеновых и палеогеновых породах отделен от водоносного комплекса в триасовых отложениях слабопроницаемой толщей юрских глин. В безнапорной зоне триасовые отложения выходят непосредственно под отложения антропогена, неогена и палеогена, составляя с ними единый водоносный комплекс. Результаты моделирования показывают, что 75% естественных ресурсов формируются за счет инфильтрации атмосферных осадков, а 25% — путем перетоков из вышележащих горизонтов.

Прогнозная региональная оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод — основа гидрогеологического обоснования схем комплексного использования и охраны водных ресурсов. Региональная оценка эксплуатационных ресурсов перспективных водоносных комплексов МАБ выполнена с помощью гидродинамического и математического моделирования. МАБ Северо-Западного Донбасса имеет в плане эллипсообразную форму с соотношением длин осей 1 : 3. Граничные условия водоносного комплекса триасовых отложений в плане характеризуются наличием двух зон — напорной и безнапорной. В безнапорной зоне осуществляется прямая гидравлическая связь с водоносным горизонтом четвертичных отложений, который, в свою очередь, связан с поверхностными водами. В напорной зоне питание водоносного комплекса триасовых отложений происходит путем перетока через мело-мергельную толщу и юрские глины. В связи с этим в процессе эксплуатации расход водозабора в значительной мере обеспечивается за счет осушения комплекса в области питания. Исходя из таких граничных условий водоносный комплекс схематизируется как изолированный в кровле и подошве пласт с крутовым контуром питания.

Прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод, выполненные гидродинамическим методом, составляют 500—550 тыс. м<sup>3</sup>/сут., что при их эксплуатации позволит удвоить производительность действующих водозаборов.

Для оценки эксплуатационных ресурсов подземных вод методом моделирования выполнена типизация МАБ. Выделены две группы, характеризующиеся общностью строения пласта, границ и граничных условий в плане и разрезе, условий формирования гидростатических напоров. К первой группе относятся МАБ, в которых водоносные горизонты и комплексы выходят на дневную или докайнозойскую поверхность на крыльях структур (ширина выходов 0,2—2,0 км), погружаясь к центру бассейнов до 500—900 м. Ко второй группе относятся МАБ, в которых водоносные горизонты и комплексы мезозойских отложений перекрыты мало-мощными кайнозойскими отложениями. По данным математиче-

ского моделирования дана балансовая структура естественных и эксплуатационных ресурсов подземных вод МАБ.

3. Региональные закономерности техногенного воздействия на геологическую среду на территории Восточной Украины (глава 5).

Экологическая обстановка во многих районах Украины близка к критической. Одним из наиболее экологически неблагоприятных регионов являются восток Украины, а именно Донбасс и Левобережное Приднепровье. Здесь, по данным Госкомстата, выделяется несколько самых неблагоприятных в экологическом отношении городов — Донецк, Мариуполь, Славянск, Краматорск, Северодонецк, Рубежное, Лисичанск и другие.

Основными техногенными факторами, влияющими на природную среду и отраженными в данной работе, являются: эксплуатация подземных вод; разработка месторождений полезных ископаемых; водоотливы из шахт, карьеров; зарегулирование поверхностного стока; газодымовые выбросы металлургии и нефтехимии, ТЭЦ и ГРЭС, автотранспорта; сброс промышленных и сельскохозяйственных стоков в гидросеть.

Загрязнение водных ресурсов юго-востока является следствием общего загрязнения окружающей среды под воздействием техногенных факторов. Происходит загрязнение атмосферного воздуха и атмосферных вод; нарушение качества и загрязнение почв и пород зоны аэрации; загрязнение поверхностных и подземных вод. В результате исследований в данном аспекте разработана модель фазово-зонального формирования подземных вод (Фаловский А. А., Решетов И. К., 1983, 1986).

Загрязнение атмосферного воздуха происходит, в основном, за счет выбросов промышленных предприятий, ГРЭС, ТЭЦ и автотранспорта. Особенно мощные выбросы совершаются Углегорской, Славянской, Змиевской и другими тепловыми станциями и предприятиями металлургии. Основные компоненты загрязнения атмосферного воздуха — нетоксичная пыль, аммиак, оксиды углерода и азота, сероводород, нефтепродукты. При этом вблизи источников загрязнения содержание этих компонентов превышает 5—10 ПДК. В атмосферном воздухе отдельных городов выявлены фенолы, мышьяк, хром, тяжелые металлы — ртуть, кобальт, цинк, никель, медь.

Как показали исследования (Пельтихин Р. И. и др., 1976; Фаловский А. А., Решетов И. К., 1986) масса микроэлементов, выносимых осадками в год на 1 км<sup>2</sup> поверхности, характеризуется такими значениями (г.г. Донецк, Луганск и др.): марганца — 258,2—930,6; цинка — 55,0—517,1; меди — 31,6—362,0 г/км<sup>2</sup>. При этом повсеместно в пригородных районах выпадает в 3—8 раз больше микроэлементов, чем в сельской местности.

Загрязнение воздушного бассейна оказывает все большее влияние на формирование климата и его метеосоставляющих. Среднегодовая температура воздуха по метеостанциям Артемовска, Красного Лимана, Лисичанска и других за 75—85-летний период на-

блюдений повысилась на 0,7—1,1 °С. При этом повышение температуры воздуха тесно коррелируется со степенью загрязнения территории и продолжительностью наблюдений. Загрязнение атмосферного воздуха приводит к росту среднегодовых сумм атмосферных осадков, который составил 42—85 мм.

Исследованиями в пределах водоохранной зоны Северского Донца (Решетов И. К., Фаловский А. А. и др., 1982—1986) доказано существенное влияние техногенного воздействия на химический состав атмосферных вод. При фоновой минерализации атмосферных вод порядка 100 мг/дм<sup>3</sup> средняя минерализация этих вод на промышленных площадках в пределах водоохранной зоны составляет 450 мг/дм<sup>3</sup>. Общая жесткость составляет 2,6—3,1 мг-экв/дм<sup>3</sup> (при крайних значениях 0,2 и 9,7 мг-экв/дм<sup>3</sup>). Содержание хлора изменяется от 2,3 до 340,8 мг/дм<sup>3</sup>, сульфатов — от 4,5 до 182,6 мг/дм<sup>3</sup>. В районах промышленных площадок установлено наличие в атмосферных водах железа — до 0,8 мг/дм<sup>3</sup>, фтора — до 1,5 мг/дм<sup>3</sup>, роданидов — до 0,14 мг/дм<sup>3</sup>, а также тяжелых металлов — цинка, кобальта, меди и других. Загрязнение атмосферных осадков из локального и мелкоочагового перерастает в региональное.

Степень загрязнения атмосферных осадков четко увязывается с районами развития промышленности. Наиболее высокая степень загрязнения атмосферных осадков прослеживается в пределах центральной части Донбасса, где развиты химическая, угольная промышленность и металлургия. Здесь часто наблюдаются кислотные дожди. Это районы крупноочагового загрязнения атмосферного воздуха и осадков. Менее загрязнены районы, где преобладают машиностроение и металлообработка, — районы мелкоочагового загрязнения. Это небольшие участки в пределах центрального Донбасса. Наиболее благополучными в экологическом отношении являются сельскохозяйственные районы — на севере Старобельско-Беловодский и центральная часть Приазовского района на юге.

Интенсивному разрушению и загрязнению подвергаются почвы и породы зоны аэрации, через которые происходит загрязнение поверхностных и подземных вод. Миграция загрязняющих веществ происходит относительно медленно и высокие уровни загрязнения почв локализуются в местах их поступления от поверхностных источников загрязнения. В то же время значительные массы солей поступают с атмосферными водами. Солевая нагрузка на почвы характеризуется такими показателями: в Волновахе — 18 т/км<sup>2</sup>, Донецке — 25 т/км<sup>2</sup>, Краматорске — 100 т/км<sup>2</sup>. С атмосферными осадками на почву выпадает значительное количество свинца, олова, меди, цинка, никеля, хрома. В пределах водоохранной зоны Северского Донца на отдельных промышленных площадках в почвенном слое (интервал 0,0—1,0 м) выявлено повышение содержания фосфора, меди, цинка, кобальта, свинца, олова.

Буферная функция почв, от которой существенно зависят качество подземных вод и миграция элементов через корневую систему

в растения, в значительной мере определяется техногенными процессами и связанным с ними химическим загрязнением. В связи с этим особенно актуальны экспериментальные исследования поведения металлов в грунтах при прохождении через них растворов, содержащих различные загрязнители. Нами (Кораблева А. И., Решетов И. К. и др.) исследовалась миграция шестивалентного хрома, который относится к числу элементов, мигрирующих через почвогрунты по всех формах.

Экспериментальные исследования проводились в колонах длиной 100 см, заполненных суглинками и песками. Перед началом каждого эксперимента устанавливалось содержание металлов, затем через колонну пропускался раствор бихромата калия с концентрацией 150 мг/л и повторно устанавливалось содержание металлов. Результаты экспериментальных исследований показали, что в грунтах техногенных ландшафтов удерживающая способность загрязнений в виде солей хрома сохраняется до горизонтов 100 см. Максимальной удерживающей способностью как в суглинках, так и в песках обладает горизонт 10 см. С горизонта 50 см до горизонта 100 см происходит резкое снижение содержания хрома.

Значительному техногенному воздействию в пределах юго-востока Украины подвергаются поверхностные воды. В исследуемом регионе гидрографическая сеть представлена реками бассейнов Днепра (Самара, Волчья), Дона — бассейн Северского Донца (рр. Казенный Торец, Лугань, Бахмутка) и Азовского моря (Миус, Кальмиус, Берда).

Техногенное воздействие на наземную гидросферу в пределах региона проявляется различными путями: через нарушение естественного стока вследствие его зарегулирования; потери стока в местах интенсивного водоотбора подземных вод; изменение продолжительности бесполоводных периодов; загрязнение вод вследствие сброса шахтных вод, промышленных и сельскохозяйственных стоков.

Усиление техногенного воздействия особенно явно прослеживается после ввода в эксплуатацию каналов Северский Донец — Донбасс, Днепр — Донбасс и регулирующих водохранилищ. Зарегулирование поверхностного стока рек бассейна Северского Донца привело к значительному увеличению бесполоводного периода (от 1—3 лет до 7—13 лет) в последние годы.

Интенсивная эксплуатация подземных вод мело-мергельной толщи в долине р. Северский Донец оказывает существенное влияние на естественные ландшафты. В пределах отдельных водозаборов наблюдается исчезновение влаголюбивых дубов, ив и др. В районах подпора грунтовых вод и подтопления отдельных участков гибель деревьев происходит из-за избыточного увлажнения почв. В зонах подтопления создаются благоприятные условия для миграции тяжелых металлов из почв в грунтовые воды.

Значительное техногенное загрязнение испытывают водные источники региона в результате сброса сточных и шахтных вод и

сельскохозяйственного производства, содержащие загрязняющие вещества выше ПДК. Под влиянием стоков происходит изменение качества поверхностных вод — в них резко возрастает величина минерализации, содержание хлоридов, выше ПДК отмечаются нефтепродукты, аммиачный азот, СПАВ, соединения железа, неорганические соли, повышенное содержание марганца, стронция, брома, фтора, никеля, цинка и других элементов.

Проблемы охраны подземных вод от истощения и загрязнения при эксплуатации рассмотрены в диссертации на примере водозаборов, работающих в разных гидрогеологических условиях. Нами выполнена типизация гидрогеологического разреза по условиям формирования балансовой структуры водоотбора мело-мергельной толщи (Решетов И. К. и др., 1985), выделены два характерных типа разреза с несколькими подтипами.

Первый тип разреза прослеживается в долинах рек Северского Донца и его притоков. Характерный разрез: обводненный горизонт аллювиальных отложений мощностью 10—30 м, с коэффициентом водопроницаемости 50—100 м<sup>2</sup>/сут, и водоотдачи 0,1—0,2; слабопроницаемая толща элювия мощностью 3—5 м с коэффициентом фильтрации (0,1—2,4) · 10<sup>-2</sup> м/сут; трещиноватая зона мело-мергельной толщи мощностью 20—40 м с коэффициентом водопроницаемости 2000—5000 м<sup>2</sup>/сут.

Основными источниками формирования эксплуатационных запасов в условиях эксплуатации служат: естественные ресурсы мело-мергельной толщи; емкостные запасы аллювиального горизонта; фильтрационные расходы из рек, озер, стариц (Крысенко А. М., Боревский Б. В., Решетов И. К. и др., 1979, 1985). Доля первого источника составляет 20—40%, второго 40—60% и третьего 10—20%.

В процессе эксплуатации подземных вод мело-мергельной толщи формируются две депрессионные воронки — в эксплуатируемом и вышележащем аллювиальном горизонте. Восполнение емкостных запасов аллювиального горизонта происходит во время весеннего половодья. Зарегулирование поверхностного стока р. Северский Донец привело к резкому уменьшению числа паводков, что отрицательно сказалось на работе водозаборов.

В первом типе разреза нами выделены два подтипа:

Для первого подтипа характерно отсутствие в пределах водосбора и депрессионных воронок явных источников загрязнения. Пространственно-временные закономерности изменения химического состава подземных вод этого подтипа рассмотрены на примере II Донецкого водозабора. В естественных условиях подземные воды мело-мергельной толщи имели гидрокарбонатный кальциевый тип. Минерализация составляла 265—765 мг/дм<sup>3</sup>; содержание сульфатов — 32—216,6 мг/дм<sup>3</sup>; общая жесткость — 4,0—8,5 мг-экв/дм<sup>3</sup>. В процессе эксплуатации произошло существенное изменение химического состава в целом и содержания отдельных ионных компонентов. Минерализация повысилась по отдельным скважи-

нам на 260,0—728,0 мг/дм<sup>3</sup>, содержание сульфатов — на 98,1—479,5 мг/дм<sup>3</sup>, железа на 5,4 мг/дм<sup>3</sup>, а общая жесткость — на 2,6—8,4 мг-экв/дм<sup>3</sup>. В результате эксплуатации изменился тип воды: она стала гидрокарбонатно-сульфатной и сульфатно-гидрокарбонатной кальциево-натриевой.

Для интерпретации результатов гидрогеохимических исследований применен факторный анализ. В качестве расчетных параметров взяты шесть основных макрокомпонентов, общая минерализация и жесткость, содержание железа, показатель рН, глубина до уровня аллювиального и верхнемелового горизонтов, расстояние до границ (река, граница комплекса). На основе получения данных сделаны прогнозы изменения химического состава на 5, 10 и 15 лет. Общий характер техногенного воздействия для первого подтипа в пределах водозаборов свидетельствует об усилении гидрогеохимических процессов — выщелачивание гипсов, сульфидов, карбонатов. Осушение аллювиального водоносного горизонта в процессе эксплуатации и неравномерное заполнение депрессионных воронок в период паводков усиливают гидрохимические процессы.

Второй подтип первого типа отличается наличием в пределах депрессионных воронок явных источников загрязнения. Он рассмотрен на примере Краматорской группы водозаборов, которая расположена в долине р. Казенный Торец. Основные источники формирования эксплуатационных запасов подземных вод этих водозаборов те же, что и для водозаборов первого подтипа.

Сточные воды являются основными загрязнителями подземных вод. В процессе эксплуатации нижнего горизонта, а также в естественных условиях произошло загрязнение как аллювиального, так и мело-мергельного горизонта. В аллювиальном и верхнемеловом горизонтах присутствуют: фенолы, роданиды, цианиды. Так как поверхностные воды р. Казенный Торец загрязнены, прослеживается тесная связь загрязнения с водами реки и отстойников. По мере приближения от водоразделов к реке повышается содержание хлоридов, сульфатов, нитратов, роданидов, цианидов и фенолов. В результате загрязнения из строя вышло несколько водозаборов Краматорска. Для улучшения качества подземных вод разработан ряд мероприятий, предусматривающих охрану геологической среды в районах водозаборов.

4. Оценка степени защищенности и предлагаемые подходы к решению проблемы рационального использования геологической среды (главы 6, 7).

В пределах Донбасса природная геосистема превратилась в техногенно-природную систему, которая при возрастающих техногенных воздействиях эволюционирует в сторону заметного уменьшения устойчивости. При этом потеря устойчивости системы происходит в направлении от локального к региональному. Инженерная практика и результаты исследований свидетельствуют, что ряд геологических процессов, снижающих устойчивость геосистемы или ухудшающих экологические параметры, имеет длительный скрытый

период развития. Отсутствие в природно-техногенной системе явно выраженных внешних связей между воздействием и реакцией системы на эти воздействия обуславливает вероятностный характер предсказания катастроф.

Основными отрицательными последствиями антропогенных воздействий на подземные воды являются их загрязнение и истощение. Эти два процесса отражают изменение гидрогеологических условий. Загрязнение сокращает запасы подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения. В результате техногенного воздействия в долине Северского Донца выведены из строя десятки водозаборов, эксплуатирующих верхне-меловой водоносный горизонт. С другой стороны, интенсивная эксплуатация отдельных водоносных горизонтов приводит к попаданию в них загрязненных некондиционных вод. В таких случаях необходимо проведение охранных мероприятий, в том числе возобновление запасов системами искусственного пополнения.

Загрязнение подземных вод связано с загрязнением окружающей среды в целом. Это принципиальное положение, на котором базируются водоохранные мероприятия по защите подземных вод в пределах водоохранной зоны Северского Донца. В качестве концепции охраны подземных вод нами вслед за Мироненко В. А. (1989) предложена следующая триада: самоочищение и естественная защищенность, инженерная профилактика и мониторинг.

Естественная защищенность подземных вод — это совокупность природных факторов, препятствующих прямому проникновению загрязнителей. В условиях нормального залегания водовмещающих пород и регионального распространения водоупорных толщ степень естественной защищенности от поверхностного загрязнения повышается с увеличением глубины. Эта закономерность нарушается на участках купольных поднятий, гидрогеологических «окон» в водоупорных слоях и в открытых областях питания водоносных горизонтов и комплексов.

Зона аэрации в пределах МАБ сложена водопроницаемыми песками, супесями, суглинками. Водоупорные слои, как правило, отсутствуют. Мощность суглинков изменяется от 1—5 м (в долинах рек) до 10—20 м (на водоразделах и их склонах), коэффициент фильтрации составляет  $(0,3—1) \cdot 10^{-2}$  м/сут. Поэтому грунтовые воды первых водоносных горизонтов, независимо от возраста, литологического состава и глубины залегания водовмещающих пород повсеместно относятся к незащищенным. Это подтверждается и расчетами (Решетов И. К. и др., 1990, 1992); даже в наиболее благоприятных условиях естественной защищенности воды загрязняются в течение 50—60 суток.

Первым верхним местным водоупором на участках водоразделов и плиоценовых террас является толща красно-бурых и пестрых глин миоцен-плиоценового возраста. Это толща довольно выдержана по площади, имеет мощность до 25 м, коэффициент фильтрации  $(0,3—5) \cdot 10^{-3}$  м/сут. В долине Северского Донца такая тол-

ща отсутствует, водоносный горизонт аллювиальных отложений пойм и надпойменных террас практически не защищен и подвергается прямому загрязнению.

Водоносный комплекс палеоген-неогеновых отложений распространен в МАБ Кальмиус-Горецкой котловины. Кровлей этих горизонтов служит выдержанный водоупор красно-бурых и пестрых глин (количественная характеристика его дана выше). Аналитические расчеты показали, что время проникновения загрязняющих веществ до уровня грунтовых вод при мощности водоупора более 10 м составляет 750—770 суток, а на участках, где мощность водоупора не достигает 3 м, это время не превышает 160 сут.

Верхний водоупор мело-мергельного горизонта представлен зоной заиливания мощностью 1—10 м, с коэффициентами фильтрации  $(0,01—1) \cdot 10^{-3}$  м/сут. На отдельных участках зона заиливания полностью отсутствует. Защищенность подземных вод меломергельной толщи зависит от мощности зоны заиливания и наличия в ней «оконов» в долинах рек.

В благоприятных условиях естественной защищенности находятся водоносные комплексы юрских и триасовых отложений в местах их глубокого погружения, где они перекрываются монолитной толщей верхнего мела (мощностью до 500 м).

Отложения юрского и триасового возраста на крыльях синклинальных структур узкими полосами выходят на дневную или докайнозойскую поверхность. Здесь находятся их области питания или разгрузки, имеет общая гидравлическая поверхность с грунтовыми водами вышележащих горизонтов. В областях выходов подземные воды юрских и триасовых отложений также являются незащищенными, что и нужно учитывать при проведении водоохраных мероприятий.

С учетом сложной экологической ситуации региона и острого дефицита в пресных питьевых водах, в пределах Северо-Западного Донбасса необходима организация рационального использования подземных вод с использованием новых технологий. Под рациональной эксплуатацией подземных вод понимается такая эксплуатация, которая экономически целесообразна, обеспечивает охрану подземных вод от загрязнения и истощения эксплуатационных запасов и позволяет сохранить на заданном уровне экологическую обстановку территории (Язвин Л. С.).

Оценка эксплуатационных запасов подземных вод как предмета рациональной эксплуатации должна выполняться с учетом влияния их отбора на экологические условия. С этой целью необходимо создать схему оптимального размещения водозаборных сооружений; предусмотреть комплексное использование поверхностных и подземных вод; наметить мероприятия по охране вод от истощения и загрязнения. Реализация такого плана рассмотрена нами на примере II Донецкого водозабора и Славянского рассолопромысла.

Зарегулирование поверхностного стока и интенсивная эксплуатация подземных вод в районе II Донецкого водозабора увеличили глубину залегания грунтовых вод, обострили дефицит влажности в зоне аэрации, что ухудшило условия для растительности. В пределах депрессионной воронки в пойме реки происходит выпадение влаголюбивой растительности. Кроме того, наблюдаются суховершинность и пораженность листвы дубрав, что объясняется атмосферным загрязнением и нарушением газового обмена в листьях дуба (Кругликова Г. А., Решетов И. К. и др., 1990, 1991). С другой стороны, подпор грунтовых вод за счет Райгородской плотины привел к подтоплению Райгородского водозабора. В результате естественные дубравы претерпевают изменения из-за избыточного увлажнения почв, корневые системы дубов испытывают кислородное голодание за счет подъема уровней, а это влечет за собой постепенную гибель деревьев. В зоне подтопления создаются благоприятные условия для миграции подвижных соединений тяжелых металлов из почв в грунтовые воды.

Славянский рассолопромысел находится в пределах Славянского купола. В границах города выделяется три водоносных горизонта: аллювиальных и триасовых отложений, водоносный комплекс зоны выщелачивания нижней перми. Усиливающийся отбор рассолов через скважины активизировал природное карстование пластов соли и гипса с образованием пустот значительных размеров, а на дневной поверхности наблюдается мульда проседания, трещины отрыва, карстовые воронки. Деформация дневной поверхности в черте города сопровождалась разрушением домостроений и производственных зданий. В связи с этим эксплуатация рассолопромысла была в 1961 г. прекращена.

Прекращение работы рассолопромысла привело к восстановлению депрессионных воронок в соленосных и аллювиальных горизонтах. Региональные исследования эколого-геологической обстановки выполнялись ПГО «Донбассгеология» (Подорванов Н. С., Решетов И. К. и др., 1989).

Для улучшения экологической обстановки был разработан и введен в эксплуатацию природоохранный комплекс. Перехват рассолов осуществляется через две системы скважин. Первая обеспечивает оптимальный объем отбора рассолов с минерализацией до  $100 \text{ г/дм}^3$  с заданным значением понижения самоизлива. Вторая система скважин расположена за пределами карстующегося массива — она позволяет осуществлять перехват потока аллювиального горизонта с минерализацией до  $50 \text{ г/дм}^3$ .

Ввод в эксплуатацию природоохранного комплекса оказал положительное влияние на улучшение экологической обстановки: уменьшилось загрязнение рр. Казенный Торец и Северский Донец; вынос солей из карстующегося массива естественным путем снизился в несколько раз; уменьшилось подтопление территории; замедлилось образование карстовых воронок; снизился уровень минерализации (Подорванов Н. С. и др., 1989), но полностью проб-

лемы не решил. Для стабилизации геолого-экологической обстановки в Славянске рекомендовано устройство горизонтального дренажа с использованием постоянно действующей модели (Решетов И. К., 1993).

Наличие тесной взаимосвязи загрязнения подземных вод и природной среды в целом обуславливает организацию комплексного мониторинга — с контролем уровня режима, химического состава и температуры всех элементов окружающей среды (атмосферы, гидросферы, литосферы). Примером введения такого комплексного мониторинга является организация его на II Донецком водозаборе (Решетов И. К., Фаловский А. А., 1983, 1986).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выполненной работе, которая представляет собой теоретическое обобщение, направленное на решение важной народнохозяйственной задачи, установлены закономерности формирования ресурсов подземных вод МАБ Северо-Западного Донбасса как источников водоснабжения и элементов окружающей среды.

В результате получены новые представления о формировании количества и качества подземных вод как в естественных условиях, так и в условиях техногенного воздействия.

Основные результаты исследований по теме диссертации можно сформулировать следующим образом.

1. В работе всесторонне исследованы основные факторы формирования подземных вод МАБ: физико-географические, геологические, гидрогеологические, физико-химические. МАБ рассмотрен как открытая гидродинамическая система, находящаяся в тесной взаимосвязи с окружающей средой. Показано, что природная фильтрационная схема МАБ выражается системой чередующихся водоносных горизонтов и комплексов со слабопроницаемыми слоями.

2. Установлены региональные гидродинамические и гидрогеохимические закономерности формирования пресных вод на глубинах до 1200 м, что является новым для исследуемого региона. Дано новое гидрогеологическое районирование Северо-Западного Донбасса в связи с выделением МАБ, определены его структурные внешние и внутренние границы и положение МАБ по отношению к ДДАБ и ДГСО.

Выявлены новые литолого-генетические особенности водоносных горизонтов и комплексов юрских и триасовых отложений МАБ. Детально исследованы гидродинамические, структурные и гидрогеологические особенности стратификации разрезов. На основе гидродинамического анализа установлена тесная связь пьезометрической поверхности мезозойских горизонтов от характера современного рельефа.

3. Исследованы региональные закономерности формирования ресурсов подземных вод в естественных условиях и в условиях

эксплуатации. Выполнены типизация и схематизация гидрогеологических условий водоносных горизонтов мела и триаса. Дана количественная оценка естественных и эксплуатационных запасов мезозойских комплексов МАБ, их балансовая структура.

4. Изучены закономерности формирования пресных вод МАБ на глубинах до 1200 м, что обусловлено условиями водообмена, степенью гидрогеологической раскрытости структур, катионным обменом. Доказана принципиальная возможность расширения действующих водозаборов за счет артезианских вод мезозойских отложений.

5. Впервые для данного региона комплексно исследованы закономерности формирования подземных вод в условиях техногенного воздействия. Для анализа обстановки разработана фазово-зональная модель формирования подземных вод в условиях техногенеза. Рассмотрены основные факторы и источники загрязнения. Для рационального использования подземных вод крупных водозаборов разработаны рекомендации по оптимизации их эксплуатации, даны рекомендации по организации мониторинга геологической среды в пределах водоохранной зоны.

6. Предложен ряд методических рекомендаций, касающихся особенностей оценки ресурсов подземных вод. На базе вероятностно-статистических методов сделан прогноз изменения химического состава подземных вод в процессе эксплуатации.

Перечисленные результаты исследований находятся в полном соответствии с поставленными целями диссертационной работы. Основные задачи дальнейших исследований: количественная оценка техногенного влияния на ресурсы и химический состав подземных вод в процессе совместной эксплуатации новых и существующих источников питьевого водоснабжения; разработка методики оценки эксплуатационных запасов при эксплуатации этажно залегающих водоносных комплексов в условиях их взаимосвязи; создание постоянно действующих моделей оптимизации работы крупных водозаборов Придонцовья.

# ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

## Монографии

1. Малые артезианские бассейны Северо-Западного Донбасса.— К.: Наукова думка, 1987.— 200 с.— (Соавт. Ю. С. Бут, Н. И. Дробноход, В. П. Бобров, Б. Н. Мандрик).
2. Влияние промышленных предприятий на режим и качество подземных вод.— К., 1993.— 157 с.— Деп. в УкрНИИТИ 15.03.93, № 511.— (Соавт. Д. П. Дворовенко, И. М. Пилипенко, В. В. Сухов и др.).

## Препринты

3. Вопросы охраны геологической среды при интенсивном строительстве и хозяйственном освоении территории Украины.— К., 1987.— 54 с.— Препр. АН УССР.— Ин-т Геол. наук.: 87—27.— (Соавт. Н. И. Дробноход, Б. Н. Мандрик, А. П. Негода и др.).
4. Проблемы рационального использования и охраны геологической среды Донбасса: Материалы I Всесоюз. съезда инженеров-геологов, гидрогеологов, геокриологов. Киев, 1988.— К., 1989.— 56 с.— Препр. АН УССР. Ин-т геол. наук.: 89—27.— (Соавт. Б. А. Корженевский, В. М. Шестопалов, Е. А. Яковлев и др.).

## Статьи, доклады, тезисы

5. Восполнение запасов подземных вод в условиях поймы Северского Донца (на примере II Донецкого водозабора). I респ. конф. «Охрана подземных вод Украинской ССР от истощения и загрязнения».— 1970.— Вып. 5.— К.: Наукова думка.— С. 9—11.— (Соавт. Ю. С. Бут).
6. Нижнемеловой и сеноманский водоносный горизонт как возможный источник водоснабжения Северо-Западного Донбасса. IV респ. геол. конф. «Степановские чтения». Донецк, 1970.— С. 101—104.— (Соавт. В. П. Бобров, А. В. Суярко).
7. Артезианские водоносные горизонты как возможные источники водоснабжения Северо-Западного Донбасса. Геол. журн.— 1971.— Т. XXVI.— Вып. 2.— С. 108—110.— (Соавт. В. П. Бобров, А. В. Суярко).
8. Гидрогеологические исследования на террасах р. Северский Донец и моделирование инфильтрационных сооружений. Вопросы искусственного пополнения запасов подземных вод засушливой зоны Украины: Темат. сб.—К.: Наукова думка, 1972.— С. 44—49.— (Соавт. Ю. С. Бут, А. А. Фаловский).
9. Артезианские воды в мезозойских отложениях северо-западных окраин Донбасса. Геол. журн.— 1973.— Т. XXXIII.— Вып. 1.— С. 121—126.— (Соавт. В. П. Бобров).
10. О связи модулей подземного стока с годовыми суммами осадков в бассейнах малых рек (на примере верховьев р. Волчьей). Региональные условия динамики, охраны и пополнения подземных вод УССР. Сб. науч. тр.— К.: Наукова думка, 1979.— С. 38—39.— (Соавт. С. И. Гаврик).
11. Палеогидрогеологические условия северо-западной части Донецкого бассейна. Там же.— С. 107—111.
12. Использование статистических параметров годовых сумм атмосферных осадков при оценке обеспеченности естественных ресурсов подземных вод (на примере долины р. Северский Донец). Изв. вузов. Геология и разведка.— 1983.— № 4.— С. 107.— (Соавт. С. И. Гаврик, А. М. Крысенко).
13. К методике определения обеспеченности естественных ресурсов отдельных водоносных горизонтов. Изв. вузов. Геология и разведка. 1984.— № 7.— С. 130.— (Соавт. С. И. Гаврик, А. М. Крысенко).
14. Балансовая структура эксплуатационных запасов подземных вод месторождений Северо-Западного Донбасса. Изв. вузов. Геология и разведка.— 1985.— № 11.— С. 101.— (Соавт. Г. А. Филиппова, А. М. Крысенко).

15. Экспериментальные исследования распределения металлов в грунтах, вызванного поступлением хрома. IV Всесоюз. совещ. «Теория и практика геохимических поисков в современных условиях».—1988.—Вып. 6.—М.: Недра, 1988.—С. 48—49.— (Соавт. Т. М. Антоненко, Ю. К. Гайдаш, А. И. Кораблева).

16. Экспериментальное изучение поведения металлов, сопряженного с поступлением хрома, в грунтах техногенных ландшафтов. Биоэкологические исследования лесов техногенных ландшафтов степной зоны Украины: Сб. науч. тр.—Днепропетровск, 1989.—С. 116—119.— (Соавт. Т. М. Антоненко, Ю. К. Гайдаш, А. И. Кораблева).

17. Техногенное воздействие на геологическую среду Восточной Украины и разработка природоохранных мероприятий. Респ. семинар «Геолого-экологические проблемы Украины».—Днепропетровск, 1991.—С. 4—6.— (Соавт. Ю. П. Соколов).

18. Проблемы охраны водных ресурсов и перспективы их расширения и использования в пределах Северо-Западного Донбасса. Материалы 2-го междунар. симп. «Освоение месторождений минеральных ресурсов и подземное строительство в сложных гидрогеологических условиях». Белгород, Россия, 1993.—С. 55—60.— (Соавт. В. П. Дворовенко, В. В. Сухов).

19. Проблемы рационального использования и охраны геологической среды в районах соледобычи Донбасса.— Там же. С. 245—249.

20. Особенности изменения качества подземных вод на водозаборах в условиях техногенеза (на примере П Донецкого водозабора). Респ. конф. «Оценка ресурсов подземных вод в условиях техногенеза».—К., 1993.—С. 51—52.— (Соавт. Ю. С. Бут, Н. П. Осокина).

21. Влияние техногенных факторов на гидрохимический режим подземных вод Придонецья. Вести, Харьк. ун-та.—1994.—№ 380.—Геология и нар. хоз-во.—С. 63—69.—(Соавт. В. П. Дворовенко, А. А. Фаловский).

22. Рациональне використання підземної гідросфери Східної України. Міжрегіон. конф. «Регіони в незалежній Україні: пошук оптимального розвитку».—Харків, 1994.—С. 106—107.— (Співавт. В. А. Терещенко).

23. Принципы и методы картографирования геологической среды при санитарно-гигиенических оценках загрязнения пестицидами.— Респ. конф. «Принципы и методы картографирования геологической среды».— К., 1994.—С. 17—18.— (Соавт. Ю. С. Бут, Н. П. Осокина).

24. Роль защитных лесонасаждений в сохранении и улучшении плодородия почвенного покрова. Межгосударств. научн. семинар «Современные проблемы воспроизводства почвенного плодородия: экология, экономика, право».—Одесса, 1994.—С. 244—245.—(Соавт. Ю. С. Бут, Н. П. Осокина, В. С. Локшин).

25. Проблемы экологической подготовки специалистов по геологии и инженерной геологии. Международн. научно-практич. конф. «Проблемы создания единой системы экологического образования и воспитания в Украине».—Харьков, 1994.—С. 189—190.—(Соавт. В. А. Терещенко).

26. Особенности картографирования геологической среды в водоохранной зоне Придонецья для целей экологического мониторинга. Збірка наук. праць міжнародної науково-практичної конф. «Геоекологічні дослідження: стан і перспективи».—Івано-Франківськ, 1995.—К.: Знання, 1995.—С. 50—51.—(Соавт. Ю. С. Бут, Н. П. Осокина).

27. Features of anthropogenic impact on the quality of water extracted from aquifers of carbonate rocks. Hydrology and Hydrogeology of Urban and Urbanizing Areas. April 21—26, 1996. Boston, USA. (Dr. Zakharchenko M., Dr. Magmedov V).

## Анатація

Решетов І. К. Геолого-гідрогеологічне прогнозування формування прісних питних вод в малих артезіанських басейнах Північно-Західного Донбасу в умовах техногенезу. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора геолого-мінералогічних наук по спеціальностях: 04.00.06 — Гідрогеологія, Харківський державний університет, Харків, 1996.

Досліджувані закономірності формування прісних питних вод в малих артезіанських басейнах. Доказано, що прісні води сформувались на глибинах понад 1200 м. Зроблена кількісна оцінка природних та експлуатаційних запасів підземних вод; розроблена фазово-зональна модель і дані практичні рекомендації щодо охорони та раціонального використання геологічного середовища.

Ключові слова: малі артезіанські басейни, підземні води, формування, природні та експлуатаційні запаси, охорона, раціональне використання, техногенез, моніторинг.

## Annotation

Reshetov I. K.

Geological and Hydrogeological Forecasting of Fresh Water Formation in Small Artesian Basins of the North-Western Donets Basin in the Conditions of technogenesis

The dissertation for the scientific degree of the doctor of geological and mineralogical sciences on speciality 04.00.06 Hydrogeology. Kharkov State University, Kharkov, 1996.

There are investigated the mechanisms of forming fresh drinking water in smallartesian basins. It is that fresh water was formed at the depth over 1200 m. Therewas made quantitative estimation of natural and service reserves of underground water developed some one-time-zonal model and practical recomendations on protection and rational use of geological.

Key words: a small artesian basin, underground water, natural and operation reserves, protection, rational use, technogenesis, monitoring.

---

Сдано в набор 01.04.96. Подписано в печать 04.04.96. Формат 60×90<sup>1/16</sup>.  
Литературная гарнитура. Бумага типографская № 1. Печать высокая.  
Объем: уч.-изд. л. 2,0. усл. п. л. 2,0. Тираж 100 экз. Заказ № 507.

---

Типография № 13, ул. Артема, 44.





AB 34.468

AB 34.468