

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

На правах рукописи

ЮРОВСКИЙ Юрий Георгиевич

**ОСОБЕННОСТИ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ  
В ЗОНАХ СУБМАРИННОЙ РАЗГРУЗКИ  
ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

Специальность 04.00.10 — Геология океанов и морей

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора геолого-минералогических наук

Киев — 1993



00802427 (N)

АКАДЕМІЯ

НАУК

19

На правах рукопису

ЮРОВАКІНА Юрій Георгійович

ОСОБЕННОСТИ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ  
В ЗОНАХ СУБМАРИННОЙ РАЗРУШКИ  
ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Специальность 04.00.19 — Геология осадоч и метал

АВТОРЕФЕРАТ

доктора геолого-минералогических наук  
исследован на соответствие научной специальности

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

На правах рукописи

УДК 551.35.351:555.332.72

КРОВСКИЙ Юрий Георгиевич

ОСОБЕННОСТИ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗОНАХ  
СУБМАРИННОЙ РАЗГРУЗКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Специальность 04.00.10 - Геология океанов и морей

АВТОРЕЗЮМЕ

ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
ДОКТОРА ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Киев 1993

ІНП ім. В.Стефанишин  
НА Укр. АН

Работа выполнена в Украинском государственном институте минеральных ресурсов Госкомгеологии Украины и АН Украины.

Официальные оппоненты: академик АН Украины, доктор геолого-минералогических наук, профессор Э.В.Соботович (Институт геохимии, минералогии и рудообразования АН Украины, г.Киев).

доктор геолого-минералогических наук, профессор В.Х.Геворкьян (Институт геологических наук АН Украины, г.Киев)

доктор геолого-минералогических наук, профессор В.Н.Саломатин (Крымский институт природоохранного и курортного строительства г.Симферополь)

Ведущая организация - Одесский университет

Защита состоится 22 сентября 1993 г. в 10 часов на заседании специализированного совета Д 01.09.02 при Институте геологических наук АН Украины по адресу: 252054, г.Киев- 54, ул.Чкалова 55б.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института геологических наук АН Украины.

Автореферат разослан 20 августа 1993 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
кандидат геол.-мин.наук

  
И.М.Байсарович

В процессе развития наук о Земле в области изучения акваторий океанов и морей традиционно сложился ряд направлений: океанология, геология океанов и морей, морская гидрогеология и др. Каждое из этих направлений приобрело черты самостоятельной дисциплины со специфическими подходами, методологией, приемами накопления и обработки информации. Подобное обособление в конечном счете привело к тому, что начали возникать определенные трудности в решении "стыковых" задач о взаимодействии отдельных составляющих на границах океан - атмосфера, океан - литосфера.

Очевидными недостатками традиционных подходов являются: утрата целостных представлений и искусственная постановка междисциплинарных задач, не учитывающих следствия постоянного взаимодействия гидросферы и литосферы. Настоящая работа посвящена изучению природных процессов в области взаимодействия подземных и морских вод и многообразию следствий этого взаимодействия. В ней рассматриваются также современные масштабы антропогенного воздействия на природные объекты в областях субмаринной разгрузки подземных вод.

Объектом изучения является прибрежная зона, выделяемая как наиболее динамичная область морских акваторий и прилегающих к ним частей суши, где особенно ярко проявляются процессы взаимодействия оболочек Земли: атмосферы, гидросферы и литосферы. Подземная часть гидросферы в этих процессах достаточно долго оставалась изученной менее всего. Накопление фактического материала за последние десятилетия побудило специалистов-геологов и гидрогеологов по-новому оценить саму проблему и роль подземной гидросферы в формировании современного облика морских побережий.

Исследования автора связаны, главным образом, с изучением

субмаринной разгрузки подземных вод и природными процессами в области разгрузки. Предметная область включает в себя: изучение механизма взаимодействия подземных и морских вод в пространственно-временном аспекте, тепломассообмен разгружающихся и вмещающих вод, гидрохимическую обстановку в очагах разгрузки, геологические и биологические следствия процессов разгрузки. Основной научный материал был получен за 20-летний период работы на побережьях Черного, Азовского, Японского и Охотского морей, с широким использованием подводных наблюдений. Обобщение материалов проведенных исследований позволило сформулировать основные защищаемые положения. Они сводятся к следующему:

1. В области взаимодействия подземных и морских вод (вне системы вода - порода) - тепломассообмен определяется процессами турбулентной диффузии. Физико-химические и структурно-динамические параметры аномалий, обусловленных субмаринной разгрузкой, позволяют рассчитать расход подземных вод по принципу диагностической задачи.

2. Оптимальным вариантом прямой количественной оценки величины активной субмаринной разгрузки подземных вод (важнейшей составляющей водного баланса приморских территорий) являются специально разработанные и научно-обоснованные методы подводных исследований.

3. Разгрузка подземных вод на морских побережьях оказывает прямое воздействие на интенсивность и направленность экзогенных геологических процессов (оползневых подвижек, абразия берегов, литодинамических процессов, карстообразования).

4. Газогеохимические аномалии, вызванные миграцией флюидов глубинного происхождения, являются критерием выделения тектони-

ческих нарушений береговой и прибрежной зон, димпировых структур, особенностей проявления грязевого вулканизма.

5. Субмаринная разгрузка подземных вод оказывает влияние (негативное, позитивное, граничное) на существование морской биоты (бентосные организмы), на ее видовой состав, и в условиях выноса токсических веществ формирует очаги загрязнения в морской воде и донных осадках.

Актуальность диссертационной работы обусловлена возрастающими темпами освоения морских и океанических побережий, развитием хозяйственной инфраструктуры в их пределах, необходимостью учета негативного влияния антропогенных нагрузок на водные объекты и геологическую среду. Проблема освоения прибрежной зоны в равной мере касается всех государств, имеющих выход к морю, в том числе Украины. Результаты диссертационных исследований применимы в таких областях, как строительство гидротехнических сооружений, берегоукрепительные работы, проектирование, строительство и эксплуатация приморских энергетических (АЭС, АТЭС, ГРЭС) и промышленных объектов, при проведении водохозяйственных, рекреационных и экологических мероприятий, развитии марикультуры. Наибольшее влияние техногенного прессинга в настоящее время отмечается на побережьях вливых морей, что объясняется их географическим положением и исторически сложившимися причинами. Специфика акваторий и побережий Черного, Азовского, Японского и Охотского морей, разнообразие геологических, гидрогеологических, гидрогеохимических параметров и механизмов позволили достаточно полно провести сравнительный анализ и типизацию условий взаимодействия подземных и морских вод для практического использования, обосновать методические приемы проведения подводных и надводных работ.

Актуальность выполненных исследований наиболее полно проявляется на побережьях с высокой плотностью населения, ограниченными ресурсами пресных вод, пригодных для водоснабжения, с неблагоприятной экологической обстановкой. В этих случаях, для принятия обоснованных хозяйственных решений необходимы соответствующие теоретические разработки, создание моделей, банков данных, апробация вариантов применения технических средств с учетом их влияния на окружающую среду. На основании изложенных принципов проведены работы, связанные с улучшением водоснабжения приморских городов и рекреационных комплексов на Черноморском побережье Кавказа, начаты работы в юго-западном Крыму, созданы программы выполнений геоэкологических наблюдений (мониторинга). Последние разработки имеют особую значимость в связи с катастрофическим состоянием прибрежной зоны Черного и Азовского морей.

Цель работы - изучение области взаимодействия подземных и морских вод и природных процессов, протекающих в областях субмаринной разгрузки подземных вод, включающее также: 1) исследование механизма субмаринной разгрузки подземных вод и ее следствий; 2) нахождение аналитических решений для количественной оценки величины разгрузки под уровень моря прямыми методами; 3) разработку и апробацию методов математического и аналогового моделирования процессов разгрузки; 4) разработку методики и аппаратного обеспечения подводных наблюдений с применением легководолазной техники; 5) установление влияния субмаринной разгрузки подземных вод на активность экзогенных геологических процессов на побережьях; 6) установление характера и направленности гидрогеодинамических и гидрогеохимических процессов в зонах субмаринной разгрузки и влияние их на морскую биоту.

В рамках целевого направления осуществлялась постановка и решение следующих задач:

- типизация условий разгрузки подземных вод в прибрежной зоне морей и изучение процессов, определяющих механизм взаимодействия подземных и морских вод;
- установление закономерностей формирования физико-химических аномалий в прибрежной зоне;
- определение структурно-динамических параметров аномалий и разработка расчетных методов оценки расходов потоков подземных вод, их генерирующих;
- анализ влияния субмаринной разгрузки на формирование пляжевых отложений и литодинамику прибрежной зоны;
- оценка последствий воздействия волновых нагрузок на состояние донных отложений в подводной части оползней, механический состав наносов конусов выноса рек;
- исследование гидрогеохимических последствий субмаринной разгрузки подземных вод, их роли в формировании химического состава порых вод и вещественного состава донных отложений;
- изучение индикационного значения растворенных и спонтанных газов (гелия, радона, метана, углекислого газа, сероводорода) в проявлении тектонических, гравевулканических, а также процессов диапиризации в береговой и прибрежной зонах морей;
- рассмотрение гидробиологических и геохимических последствий субмаринной разгрузки подземных вод в прибрежной зоне, возможности загрязнения донных осадков и морских вод токсическими химическими веществами и радионуклидами.

Материалы, положенные в основу диссертации, были получены в период 1970-1992 гг. при личном участии автора в экспедиционных исследованиях, проводившихся кафедрой гидрогеологии и гео-

дезии Ленинградского гидрометеорологического института и отделом прогнозирования геодинамических процессов Украинского Государственного института минеральных ресурсов. Названия основных НИР были сформулированы следующим образом: "Исследование процессов заносимости водозаборного ковша Сахалинской ГРЭС и экспериментальные работы по внедрению средств защиты водозаборных сооружений", "Изучение субаквальной разгрузки подземных вод в районах Черноморского побережья Кавказа на полигоне Гагринского массива", "Исследования субаквальной разгрузки подземных вод в конусах выноса рек Черноморского побережья Кавказа", "Пространственные изменения фильтрационных свойств верхнеюрских известняков, особенностей движения и разгрузки приуроченных к ним подземных вод юго-западной части Горно-Крымской карстовой области", "Оценка гидрогеологических, геофизических особенностей района Крымской АЭС и выбор информативных параметров - предвестников землетрясений" и др. В процессе исследований были отработаны десятки километров подводных маршрутов, отобраны и проанализированы несколько тысяч проб воды, грунта, растворенных и спонтанных газов. Обработка результатов исследований, цифровое и аналоговое моделирование проводилось в лабораториях и вычислительных центрах ЛГМИ, ВСЕГЕИ, ЛТИ ЦПИ, УкрГИМР. В большинстве НИР автор принимал участие в качестве ответственного исполнителя или одного из руководителей.

#### Научная новизна работы:

1. Предложены новые аналитические решения и теоретическое обоснование количественной оценки субмаринной разгрузки подземных вод. Расчетные выражения составлены с учетом определения параметров в вариантах проведения подводных и надводных наблюдений.

2. Впервые обоснована возможность использования аналоговых и физических моделей для решения диагностических задач в области взаимодействия подземных и морских вод.

3. На основании полученных теоретических представлений выполнена типизация аномалий, факелов и ареалов распределения, рассмотрены ранее не изучавшиеся гидрогеохимические и гидродинамические следствия субмаринной разгрузки подземных вод.

4. Разработаны и реализованы новые методические подходы (комплексные геофизические и градиентные газогеохимические наблюдения с применением оригинальной техники) по выявлению активизированных на современном этапе разрывных нарушений в сейсмоактивных регионах и трассированию их в акватории прибрежной зоны.

5. Впервые выполнены детальные исследования по изучению жидких, газообразных и твердых продуктов извержения действующего грязевого вулкана в прибрежной зоне Азовского моря, по выявлению комплексными (газогеохимическими и геофизическими) методами диапировых и криптдиапировых структур.

6. Оценена возможность контроля загрязнения прибрежной зоны в очагах субмаринной разгрузки подземных вод, в том числе, с применением биоиндикаторов. Рассмотрены пути миграции радионуклидов в прибрежной зоне в результате возможной аварийной ситуации на приморских АЭС или утечки радионуклидов из хранилищ.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в теоретическом обосновании и разработке методов количественной оценки субмаринной разгрузки подземных вод и природных процессов, протекающих в ее очагах, методики и техники подвод-

ных геологических и гидрогеохимических исследований, проведении комплексного изучения геологической среды при проектировании и строительстве крупных энергетических объектов на приморских территориях. Внедрение отдельных разработок и методических рекомендаций составило экономический эффект в 1,5 млн. рублей ( в ценах 1990 г.). В число организаций, осуществивших внедрение, входят: Х/О Атомэнергопроект, Объединение "Крымгеология", Черноморнефтегазпром и др.

#### Апробация работы и публикации

Материалы диссертации докладывались и обсуждались на междуведомственных, республиканских, всесоюзных и международных совещаниях, симпозиумах и съездах: IX Всесоюзном совещании по подземным водам Сибири и Дальнего Востока (Петропавловск-Камчатский, 1979 г.), III и IV Всесоюзных карстово-спелеологических совещаниях (Алушта, 1982 г., Владивосток, 1986), междуведомственном совещании "Состояние, перспективы улучшения и использования морской экологической системы Крыма" (Севастополь, 1983 г.), XXVII международном геологическом конгрессе (Москва, 1984 г.), международном симпозиуме спелеологов по проблеме комплексного изучения карста горных стран (Тбилиси, 1987 г.), международном симпозиуме "Инженерная геология шельфа и континентального склона морей и океанов мира" (Тбилиси, 1988 г.), I Всесоюзном съезде инженеров-геологов, гидрогеологов и геохронологов (Киев, 1988 г.), научно-техническом семинаре "Экспериментальные исследования и прогноз миграции радионуклидов в зоне аэрации в подземных водах" (п. Зеленый, ВСЕГИНГЕО, 1988 г.), Всесоюзном совещании "Принципы и методы ландшафтно-геохимических исследований миграции радионуклидов (Суздаль, 1989 г.) и др.

По теме диссертации опубликовано 45 работ, а основные ее положения освещены в монографических изданиях: "Гидрогеология вельфовых областей" (совместно с А.Н.Павловым и А.И.Коротковым), "Поровые и субмаринные воды и методы их изучения" (совместно с Е.Г.Кониковым, К.Н.Прониным и др.), "Геология и геодинамика района Крымской АЭС" (совместно с Н.М.Гавриленко, Е.Ф.Шниковым, А.Б.Чекуновым и др.), а также в сборниках научных статей, Докладах АН Украины, журналах и др.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения и списка литературы, в том числе текста 244 стр., таблиц 66, рисунков 80.

В процессе работы автор получил поддержку, ценные советы ряда специалистов и считает долгом выразить свою признательность А.И.Короткову, А.В.Масхетели, И.С.Зекцеру, А.В.Лущику. Автор благодарен за предоставленную возможность проведения исследования на судах гидрографической службы КЧФ контр-адмиралу Л.И. Митину. Особую признательность за организацию и проведение подводных работ автор выражает коллегам и специалистам-подводникам И.А.Моисееву, В.П.Павкину, А.Г.Гордлеву. За помощь в переводах И.М.Байсарович, О.И.Тихоновой и расчеты на аналоговых моделях и работу с рукописью Т.Н.Провской.

## I. ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЙ

В первом разделе рассматриваются принципы выделения прибрежной зоны, как природной системы, в пределах которой проследивается влияние атмосферных (волнение, течения) и планетарных (приливо-отливных) процессов на взаимодействие подземных и морских вод. Структурными элементами системы являются подземные воды, водовмещающие породы и морские воды. Границы системы

нестабильны в пространстве и во времени и определяются областями взаимодействия подземных и морских вод. Высокая активность протекающих в прибрежной зоне процессов - главное отличие ее от шельфа, а сама прибрежная зона представляется нами как переходная область между шельфом и материком. С позиций региональной гидрогеологии, прибрежная зона относится к широко распространенным гидрогеологическим структурам, часть из которых расположена под уровнем моря, а другая - выходит на поверхность суши на континенте или островах. Границы прибрежной зоны определяются динамическими параметрами: морская - воздействием одиночных волн на поровые и разгружающиеся под уровень моря подземные воды, на суше - выклинивание кривой подпора, образующего при штормовых нагонах, максимальных приливных уровнях или их сочетании (рис. 1).

Определение предмета исследований основывается на принципах неформальной и формальной логики с приведением анализа совокупного содержания формулировок других авторов (В.В. Лонгинова, Г.А. Сафьянова, Ю.Д. Шуйского, Н.Л. Айбулатова), используемых в геологии, океанологии и литодинамике. Краткое определение терминологических понятий, таких как открытый и закрытый грифон, факел, ядро факела, аномалии, субмаринная сосредоточенная и рассредоточенная (перетеканием) разгрузка и др. позволяет систематизировать понятийные определения и избежать разночтения в выводах отдельных глав и всей работы в целом.

Сравнительный анализ подходов и методов изучения предмета исследований свидетельствует о многообразии в этом вопросе суждений и мнений. В нашей постановке решение задачи основывается на комплексном подходе в изучении прибрежных акваторий, выделении областей взаимодействия подземных и морских вод, определении их

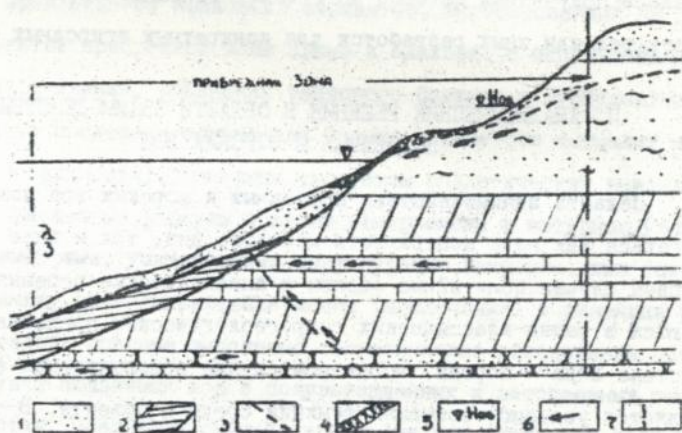


Рис. I Схема выделения прибрежной зоны

1. Морские наносы. 2. Морские осадки. 3. Разрывное нарушение. 4. Пляжные отложения. 5. Отметки уровня единичной волны. 6. Направление движения подземных вод. 7. Границы прибрежной зоны.

параметров и интерпретации следствий процессов взаимодействия (гидродинамических, геохимических, литодинамических, геоморфологических, гидробиологических и др.).

В отдельном разделе рассматриваются методические предпосылки изучения сети разрывных нарушений в прибрежной зоне и миграции флюидов в их пределах. Предлагается способ комплексных гео-геохимических наблюдений в подводном и надводном вариантах, апробированный на побережьях Черного и Азовского морей. На основании анализа полученных автором материалов сделаны выводы о применимости тех или иных разработок для конкретных природных ситуаций.

#### П. АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОДЗЕМНЫХ И МОРСКИХ ВОД

Область взаимодействия подземных и морских вод может располагаться как ниже поверхности морского дна, так и выше ее. В первом случае понятийные оценки и аналитические решения укладываются в рамки классических гидрогеологических представлений о системе вода – порода. Во втором случае водовмещающая среда определяется условно, совмещая функции среды и объекта. В трех разделах и двух подразделах главы освещены принципы выделения областей взаимодействия подземных и морских вод, теоретическое обоснование количественной оценки величины субмаринной разгрузки (перетеканием, в виде субмаринных источников) и возможности применения численных и аналоговых моделей для изучения процесса разгрузки.

Выделение областей субмаринной разгрузки подземных вод в акваториях рассматривается как диагностическая задача, решение которой связано с нахождением функции придонного давления, схематизированной в виде некоторой геометрической поверхности

(барическая топография).

Аналитические решения для количественной оценки величины субмаринной разгрузки перетеканием, генерирующей аномалии придонного тила базируются на решении уравнения турбулентной диффузии и основаны на предположении баланса поступающих в аномальную область подземных вод и скорости теплообмена на ее границах.

Для количественной оценки, сосредоточенной субмаринной разгрузки, предлагается несколько вариантов, апробированных на ряде объектов прибрежной зоны Крыма и Кавказа: с использованием уравнения движения, уравнений теплового баланса и турбулентной диффузии (в последнем случае для оценки параметров аномалий на морской поверхности). Конечным продуктом аналитических решений являются расчетные формулы с легко измеряемыми в природных условиях параметрами, учитывающими конфигурацию грифона, тип факелов, величину присоединившейся массы (вовлечения) и линейные размеры аномалий. Впервые выполнено теоретическое обоснование оценки разгрузки подземных вод в полузатопленных и затопленных пещерах и гротах. Последний случай характерен для карстовых коллекторов, имеющих широкое распространение на побережьях южных морей.

Накопленный опыт изучения областей взаимодействия пресных подземных и морских вод позволил успешно осуществить моделирование с применением как стохастических, так и детерминированных построений (I, II, I4, 33). Исследования проницаемости трещинно-карстовых коллекторов и фильтрационных свойств современных наносов проводились численными методами с привлечением большого количества фактического материала по съемкам трещиноватости, грунтовыми съемкам, индикаторным опытам (факторные модели, тренд-анализ).

Оценка динамической структуры факелов и их параметризация, развитие поверхностных и придонных аномалий изучалась на физической (гидравлической) модели, структурных и сеточных аналоговых вычислительных устройствах (АВМ). Результаты моделирования обеспечили возможность контроля натуральных измерений, получения информации о количественной стороне процессов взаимодействия подземных и морских вод и прогнозирования тенденций их изменения.

### III. РОЛЬ ПОДЗЕМНЫХ И МОРСКИХ ВОД В ДИНАМИКЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ МОРЕЙ (ПЛЯЖЕЙ, ОПОЛЗНЕЙ, КОНУСОВ ВЫНОСА РЕК)

Выделив прибрежную зону, как наиболее динамичную область взаимодействия подземных и морских вод, отметим, что консерватизм третьей составляющей системы - литосферы в ее пределах - будет относительным. Например, существует четкая взаимосвязь между динамикой пляжевых отложений и конфигурацией зеркала грунтовых вод на побережьях приливных морей (Дж.А.Лануон, Дж.Эллиот, Д.Кларк, 1982, А.К.Пэквуд, 1983 и др.). Экспериментальные материалы, полученные автором в разные годы на побережьях Черного моря (Крым, Кавказ), Охотского и Японского морей (о.Сахалин), включающие промерные и геодезические работы, грунтовые съемки, подводное профилирование, съемки температуры и электропроводности воды, запуски индикаторов, изучение береговых и субмаринных выходов подземных вод, газогеохимические наблюдения, лабораторные и модельные исследования, позволили оценить масштабы влияния субмаринной разгрузки подземных вод на экзогенные процессы, устойчивость различных береговых и донных морфологических элементов, условия формирования подземного стока в прибрежной зоне морей.

Результаты экспериментальных исследований, изложенные в

трех разделах главы, сходятся к следующим основным положениям:

1. В области разгрузки подземных вод на песчаных пляжах при набегании одиночной волны происходит более интенсивная переработка пляжевых отложений, сортировка и изменение типов грунтов. Воздействие ветровых волн на подводную часть пляжа, вызывает изменение порового давления и разуплотнение грунтов, наиболее резко проявляющиеся в областях разгрузки: в зоне залеска увеличивается прямая и обратная скорости волноприбойного потока. В береговой части изменение уровня грунтовых вод способствует изменению состава газов в зоне аэрации. В пределах галечных и валуно-галечных пляжей реакция на разгрузку подземных вод отсутствует или проявляется в виде изменения механического состава заполнителя.

2. Для оползневых тел, языковая часть которых находится под уровнем моря, гидрогеологический фактор в сочетании с волновыми нагрузками может играть определяющую роль в развитии оползневого процесса. В обводненных оползневых телах волновые нагрузки, генерируемые ветровым волнением, проявляют себя как действие низкочастотного вибратора. Масштабы воздействия волновых нагрузок оцениваются геофизическими (метод естественного импульсного электромагнитного поля земли - ЕИЭМПЗ, сейсморазведочными - МВП, МОВ) и газохимическими методами. Результаты таких наблюдений показаны на рис.2.

На погруженных под уровень моря языках оползней (побережья Черного и Азовского морей) эффективно сочетание литодинамических и гидрогеологических исследований с целью выявления областей субмаринной разгрузки подземных вод и оценки масштабов перемещения современных наносов в циклах шторм - штиль, изменяющих величину

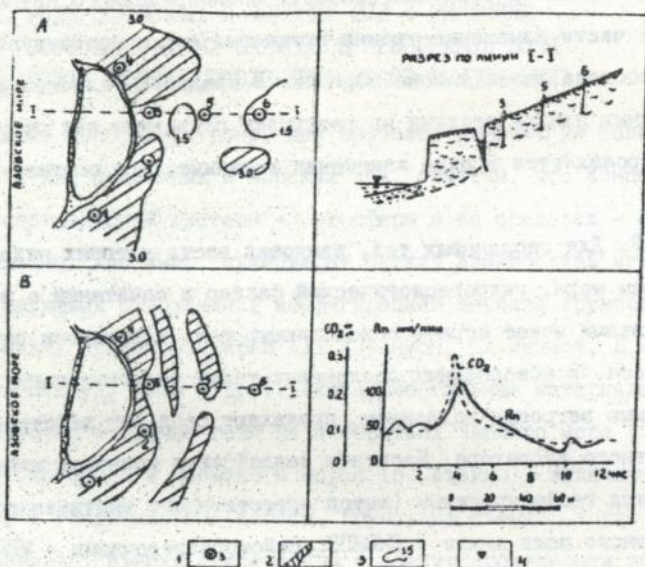


Рис.2 Значение ЕИЭМПЗ А - до шторма, В - в период шторма и изменение концентраций радона и углекислого газа в наблюдательной скважине № 3.

1. Наблюдательная скважина и ее номер. 2. Участки напряженного состояния пород. 3. Участки релаксированного состояния пород. 4. Изменение уровня моря при штормовом нагоне.

пригрузки языковой части.

3. В конусах выноса рек современные морские и речные наносы играют роль "клапанного механизма", перекрывая зоны активной фильтрации слабопроницаемыми слоями. В связи с этим меняется тип разгрузки от активной (субмаринные источники) до рассредоточенной (перетеканием), что в свою очередь влияет на масштабы перестроения самих конусов выноса в периоды штормовых волнений, образование в них "каналов стока". Запуски индикаторов и подводные работы на Черноморском побережье Кавказа позволили установить: в "каналах стока" действительные скорости на два - четыре порядка превышают средние фильтрационные параметры аллювиальных отложений. Субмаринная разгрузка аллювиальных вод в пределах конусов выноса (за область отрыва от дна речной струи) легко обнаруживается при съемках температуры и электропроводности придонного слоя воды. Результаты проведенных исследований подтвердили: количественная оценка субмаринной разгрузки подземных вод в конусах выноса наиболее достоверно определяется прямыми методами, а также с помощью численного и аналогового моделирования.

#### IV. ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИХ С МОРСКИМИ В ОБЛАСТИ РАЗВИТИЯ КАРСТУЮЩИХСЯ ПОРОД

Имеющиеся сведения по разгрузке карстовых вод в прибрежной зоне свидетельствуют о том, что эти процессы дискретны как в пространстве, так и во времени. Наиболее известным и очевидным проявлением такой прерывистости являются субмаринные источники, которые можно рассматривать как элементарные очаги в теоретически непроницаемой границе океан - литосфера. В случае открытых грифонов в толще морской воды образуются четкие физико-химические аномалии в виде факелов различной конфигурации, при закрытых

грифонах – придонные аномалии с малыми градиентами температуры и солености. В зависимости от мощности и проницаемости современных наносов разгрузка субмаринных источников может приобретать рас-средоточенный характер или экранироваться слабопроницаемыми толщами.

Разнообразие условий субмаринной разгрузки карстовых подземных вод определяется особенностями геологического строения при-морских районов, тектоникой, морфологией береговых участков и подводного склона, гидрогеологическими условиями. Предлагаемая нами типизация условий разгрузки включает в себя шесть основных типов и охватывает все известные случаи разгрузки в прибрежной зоне Черноморского и, частично, Азовского побережий (рис.3).

Обобщение имеющихся опубликованных материалов и наблюдения автора позволили охарактеризовать разгрузку подземных вод карстового происхождения на Черноморском побережье Крыма и Кавказа от пгт.Черноморское до г.Сухуми. По 10 выделенным участкам приводятся сведения о возрасте водовмещающих пород, типе разгрузки, отдельных субмаринных источниках, обнаженности карстующихся пород на дне.

На основании разработанной автором методики подводного геолого-гидрогеологического картирования впервые проведены детальные исследования на трех полигонах Черноморского побережья.

I. Район п.Гантиади. В прибрежной зоне до изобаты 8 м закартированы обнажения коренных пород – окремненных известняков среднего мела, плотных, толстоплитчатых, трещиноватых. По 14 створам определен характер изменения фильтрационных свойств песчаных донных наносов. Выявлены три группы субмаринных источников, проведено описание линейных размеров и конфигураций их грифонов, состава заполнителя, определены типы и параметры факелов, размеры,

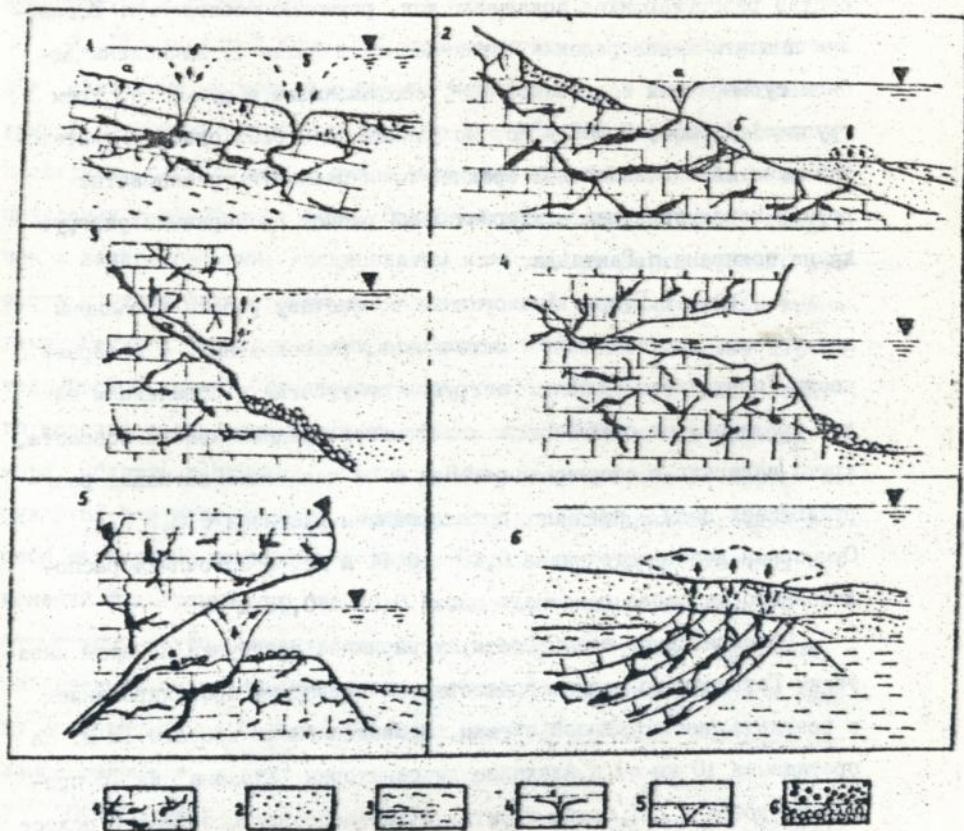


Рис.3 Условия разгрузки подземных вод на Черноморском побережье Крыма и Кавказа в областях погружения карстующихся пород под уровень моря

1. Карстующиеся породы.
2. Песчаные отложения.
3. Современные и погребенные илы.
4. Факел источника.
5. Области фильтрации в песчаных отложениях.
6. Глибовые навалы и крупный галечник.

поверхностных аномалий, температура, минерализация и химический состав разгружающихся подземных вод, режимные наблюдения. Используя аналитические решения, приведенные в главе I, вычислены дебиты субмаринных источников (9), составляющие в сумме (по трем группам)  $1,636 + 0,508 \text{ м}^3/\text{с}$ . По данным береговых скважин и представлении об эквивалентной средней проницаемости трещиноватых горных пород приведен альтернативный расчет субмаринной разгрузки на полигоне п.Гантиади.

2. Район г.Гагры. Аналогичные по составу работы выполнены для группы, состоящей из 4 источников, расположенных в северной части Гагринского залива. Разгрузка приурочена к обнажениям на дне трещиноватых окремненных известняков средне мелового возраста, круто падающих в сторону моря. Как и на полигоне Гантиади, разгружающиеся воды - пресные, с содержанием хлориона  $0,017 \text{ г/л}$ . Суммарный дебит источников  $0,48 + 0,11 \text{ м}^3/\text{с}$ , а источника расположенного на урзе галечного пляжа  $0,03 - 0,06 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Потенциальные возможности субмаринной разгрузки по всей акватории Гагринского залива подтверждены подводным профилированием и результатами грунтовой съемки, проведенной до изобаты 12 м. На протяжении 18 км от п.Алахадзе до санатория "Украина" на 16 профилях отобрана 291 проба грунта. В 100-метровой прибрежной полосе преобладают хорошо отсортированные среднезернистые пески с коэффициентом фильтрации  $6-15 \text{ м/сут.}$ , встречаются значительные участки крупнозернистого песка с мелкой галькой (коэффициент фильтрации  $60$  и более  $\text{м/сут.}$ ). Далее развиты преимущественно мелкозернистые пылеватые пески ( $K_f = 3-8 \text{ м/сут.}$ ) с отдельными пятнами разнозернистых и крупнозернистых. Таким образом, экранирующая роль современных морских осадков незначительна и выполняется возможность разгрузки перетеканием с образованием придонных аномалий

температуры и солености.

3. Юго-западный Крым. На этом полигоне выполнены исследования, связанные не только с прямой количественной оценкой субмаринной разгрузки подземных вод, но и с условиями формирования последних, рассмотрением путей миграции от области питания до попадания в прибрежную зону. Основной водоносный горизонт приурочен к закарстованным, трещиноватым известнякам верхнеюрского возраста и четко локализован литологическими и тектоническими границами. Региональным цокольным водоупором является флишевые породы таврической серии. Область питания — часть Ай-Петринского горного массива с открытым карстом и высотой до 1200 м над уровнем моря. Область разгрузки — район м.Айя, где карбонатные породы погружаются под уровень моря. Проведенные исследования включали в себя нахождение принципов выделения границ, пространственных изменений фильтрационных свойств, показателей закарстованности структурно-тектонических блоков, обработку материалов режимных наблюдений, гидрохимические определения, выявления очагов и оценку субмаринной разгрузки подземных вод, ее значение в водном балансе района.

Субмаринная разгрузка подземных вод зафиксирована у подножий вертикальных клифов в затопленных и полузатопленных пещерах и гротах с минерализацией отдельных трещин 0,6 г/л. Впервые для определения величины разгрузки использовались оригинальные аналитические решения, предложенные автором, и аналоговое моделирование на АБМ БУСЕ-70. Суммарная разгрузка за разные годы (1983—1985 гг) составила 38,90—48,96 л/с для периодов глубокой межени маловодного десятилетия. Величина эта вполне сопоставима с балансовыми наблюдениями, отнесенными к юго-восточной ветви подземного

стока района исследований.

Анализируя гидрохимическую обстановку в областях взаимодействия пресных подземных и морских вод в Черноморском регионе и сравнивая ее с результатами известных исследований других авторов, проведенных на побережьях Пелопонеса, Крита, Сомали, Адриатического моря, Ливана, нельзя не обратить внимание на очевидные геологические и геоморфологические следствия субмаринной разгрузки. При смешении пресных и морских вод в зависимости от внутренней структуризации аномалий наблюдается процессы коррозии и цементации, специфические формы подводных образований, оказывающие в течение геологического времени (кинетика процесса растворения весьма мала) заметное влияние на формирование современного состояния морских побережий, сложенных карбонатными породами.

#### 5. МИГРАЦИЯ ФЛИДОВ ПО ТЕКТОНИЧЕСКИМ НАРУШЕНИЯМ, ПЕРЕСЕКАЮЩИМ ПРИБРЕЖНУЮ ЗОНУ

Миграция флюидов по тектоническим нарушениям из глубоких водоносных горизонтов генерирует в прибрежной зоне наиболее контрастные аномалии по температуре, газовому и химическому составу. Различные по генетическим типам подземные воды локализуется в границах разрывных нарушений, отличаются восходящим направлением фильтрационных потоков. Абрязия берегов, активные литодинамические процессы затрудняют выявление очагов разгрузки и трассирование самих нарушений.

Анализ имеющихся данных по наиболее известным в мире гидротермам, показывает, что оптимальным методом для расчета их параметров является метод теплового баланса. В качестве примера приводится расчет для условий средиземноморского побережья Франции (департамент Буз-дю-Рон). Однако, подводные гидротермальные

источники лишь частный случай проявления миграции флюидов в зонах разрывных нарушений.

Более общие представления получены в акваториях Азово-Черноморского бассейна с использованием геологических, газогеохимических, геофизических и подводных методов исследований. На Тарханкутском полуострове в береговой зоне тектонические нарушения проявляются в повышенном содержании в подпочвенном воздухе метана, радона, в меньшей степени углекислого газа, выделяются на профилях БИЗМЕТЗ, аэрофотоснимках. Детальные подводные исследования позволили:

1. Изучить литохимическую обстановку до изобаты 8 м.
2. Обнаружить и оконтурить выходы спонтанного газа (метан, с высоким до 6% содержанием тяжелых углеводородов).
3. Установить два типа режима газопроявлений - нормальный и интермиттирующий.
4. Выявить слабую разгрузку подземных вод глубоких водоносных горизонтов с минерализацией 22,3 г/л.
5. Закартировать очаги сероводородного заражения с концентрациями сероводорода более 100 мг/л.

Применение градиентного батометра и пробоотборника конструкции автора позволило зафиксировать резкие изменения окислительно-восстановительного потенциала и компонентного состава придонных и иловых вод, другие физико-химические параметры придонных аномалий. В их пределах, в составе донных осадков обнаружено повышенное по отношению к фону содержание меди, железа, ванадия, никеля, кобальта, молибдена и марганца, а в составе иловых вод йода, брома, гидрокарбонатов и сульфатов. Следствиями разгрузки подземных вод и газов является возникновение геохимических барьеров, образование аутигенных минералов.

В обсуждении результатов исследований отмечается, что при их интерпретации необходимо учитывать активность процессов диагенеза, современных биохимических процессов, темпы седиментации и

другие причинно-следственные связи возникновения конкретных геохимических ситуаций. Существование очагов сероводородного заражения на мелководьях можно считать аналогом природного феномена сероводородного заражения всей Черноморской впадины (см. блок-схему на стр. 27).

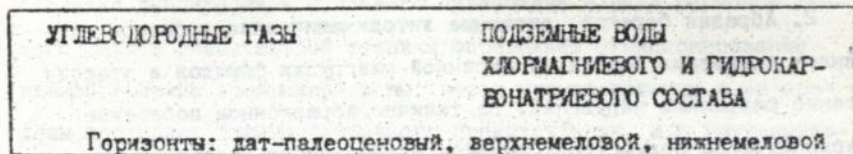
В 1965-1990 гг. проводилось изучение геологии и геодинамики Керченского полуострова в связи со строительством Крымской АЭС. Комплексные работы включали практически все виды исследований от дистанционных до бурения. Широкое комплексирование методов, создание новых методических разработок позволили получить уникальную информацию, в том числе по береговой и прибрежной зонам Азовского моря. Подводными исследованиями в акватории Арабатского и Казантипского заливов обнаружены линейные, субширотно вытянутые в плане аномальные области с повышенными концентрациями в придонных и иловых водах гелия, метана, сероводорода, углекислого газа, а на поверхности моря паров ртути. В пределах этих областей в иловых водах превышает фоновые концентрации такие элементы как свинец, цинк, никель, литий и др. Высокие содержания этих же индикаторных элементов присутствуют в водопунктах (колодцы, источники, скважины), расположенных в зонах тектонических нарушений северной части Керченского полуострова. Результаты исследований в акватории упомянутых выше заливов позволили не только протрассировать, но и оценить современную активность оперяющих нарушений Ано-Азовского сейсмогенерирующего разлома, находящегося в непосредственной близости от промплощадки Крымской АЭС.

В завершающих главу выводах констатируется:

1. Применение традиционных методов трассирования разрывных нарушений затруднено на мелководьях. Достаточно эффективными при малых затратах времени и средств являются градиентные геогеохи-

## БЛОК - СХЕМА

изменения гидрогеохимической обстановки в зонах  
разрывных нарушений Тарханкутского полуострова



Современные донные осадки, органическое вещество, сорбция, диагенетическое перераспределение химических элементов в области субмаринной разгрузки подземных вод рассредоточенного типа.

## ИЛЮВНЫЕ И ПРИДОННЫЕ ВОДЫ

Процессы окисления углеводородов, сульфатредукции, привнос тяжелых металлов (*Cu, Zn, Pb, Co, Ni, Mo, V*), изменение окислительно-восстановительного потенциала, нарушение карбонатного равновесия, увеличение общей минерализации, образование биогенного газа, массовые выбросы газа в интермиттирующем режиме.

Сероводород  
10,0-102 мг/л

pH 6,55-7,0  
Eh -14-382 мВ

CO<sub>2</sub> до 396 мг/л  
HCO<sub>3</sub> до 2318 мг/л  
Ca до 660 мг/л

Повышение концентраций  
Йода до 14 мг/л  
брома до 52 мг/л  
бора до 3,2 мг/л

мические наблюдения, выполняемые по методике автора в надводном и подводном вариантах. Наименьшие градиенты фиксируются в пляжевой зоне.

2. Абразия берегов, активные литодинамические процессы затрудняют выявление очагов субмаринной разгрузки флюидов и трассирование разрывных нарушений. На типично абразионном побережье (Тарханкутский полуостров) высокая проницаемость современных осадков обуславливает высокую контрастность аномалий и реальные градиенты измеряемых величин по отношению к общему геохимическому фону. В условиях типично аккумулятивного побережья с преобладанием в разрезе слабопроницаемых отложений (северная часть Керченского полуострова) проявляется в основном газовая составляющая, более мобильная в процессах миграции. Современные морские осадки в обоих случаях играют роль геохимического и плотностного фильтра, через который происходит обмен веществ.

3. Механизм образования очагов сероводородного заражения в прибрежной зоне может рассматриваться как одна из моделей для глубоководных частей Черного моря. Балансовые характеристики обмена веществом в области взаимодействия разгружающихся флюидов и морских вод еще недостаточно изучены, тем не менее очевидно:

1. Разрывные нарушения - необходимый элемент модели, 2. В их пределах процессы сульфатредукции протекают лишь в верхней части осадочной толщи.

## 6. МИГРАЦИЯ ЭЛИДОВ В ОБЛАСТИ РАЗВИТИЯ ДИАПИРИЗМА И ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА

Развитие диапиризма и грязевого вулканизма в ряде регионов Земного шара в значительной степени определяет функционирование нижней границы прибрежной зоны: через нижнюю границу в ее пределы поступает флюиды глубинного происхождения, а с грязевулканическими выбросами — значительное количество твердого вещества. Классическим примером таких регионов является Керченско-Таманский с прилегающей к нему акваторией Азовского моря.

Комплексными наблюдениями (дистанционными, газогеохимическими, геофизическими, буровыми и подводными), проводившимися по специальной программе изучения геодинамики Крымской АЭС, выявлены многочисленные диапировые складки (ДС) в береговой и прибрежной зонах Керченского полуострова. В береговой зоне развития ДС градиентными газохимическими наблюдениями зафиксированы вертикальные потоки глубинных газов (гелий, радон, метан, углекислый газ), максимальные концентрации которых в почвенном воздухе тяготеют к периферии сводовых частей. Миграция газов наиболее активно происходит по локальным нарушениям, вызванным ростом диапира, стимулируется аномально высокими пластовыми давлениями (АВПД), причем глинистый экран, лежащий выше сводовой части диапира, не является абсолютным препятствием для их перемещения. В придонных и иловых водах прибрежной зоны на крыльях ДС обнаружено повышенное содержание метана, углекислого газа, и в отдельных точках гелия. Хорошее подтверждение газохимических наблюдений дают результаты непрерывного сейсмоакустического профилирования (НСАП): на временных сейсмических разрезах хорошо видны крылья складок, угловые несогласия и ядра складок с хаотическим расположением отражающих слоев

у подошвы Майкопских отложений. Таким образом, геодинамическая обстановка в областях взаимодействия морских вод (слабая субмаринная разгрузка перетеканием пресных подземных вод), приуроченных к развитию в разрезе ДС, формируется под влиянием постоянного потока глубинных флюидов.

Двухлетние наблюдения деятельности грязевого вулкана "Голубицкий" в Темрюкском заливе Азовского моря показали следующее. На первой стадии активизации происходит рост диапира со скоростью до 2 м/мес. Аналогичные скорости роста отмечены и на Темрюкской банке, расположенной в 7,5 км от вулкана. В стадии пароксизма рост диапира замедляется, в акватории появляется остров, часть поверхности которого сложена выброшенной сопочной брекчией, а часть - современными донными отложениями с представителями бентосной фауны, поднятыми на поверхность. Затем наступает грифонно-сальцовая стадия, в период которой остров интенсивно абрадируется волнением до полного исчезновения.

Расчеты, впервые проведенные для грязевых вулканов Азовского моря, показывают, что за одно извержение в прибрежную зону попадает более 40 тыс. м<sup>3</sup> подземных вод и 90,2 тыс. м<sup>3</sup> сопочной брекчии. По данным Р.Рахманова (1967) в Каспийском море случаются и более крупные извержения с образованием грязевулканических островов площадью до 1 км<sup>2</sup> и высотой 20 м. Геофизическими работами (НСАН) и бурением морских скважин установлено, что в прошлом пароксизмальная деятельность грязевого вулкана "Голубицкий" была значительно интенсивнее. Н.А.Вальтером (1991) было выделено два периода активизации: первый относится к нижнечетвертичному времени с началом в верхнем плиоцене, второй - к караганскому времени (и до настоящего). Палеорекострукция извержений свидетельст-

ует, что масштабы их на порядок превышали зафиксированные нами в 1966-1989 гг.

В качестве дополнительных сведений, полученных в ходе исследований и выводов, добавим:

1. Жидкие продукты грязевулканических выбросов представляет собой смесь генетически разных типов вод с отличной степенью метаморфизации, образующуюся по всему выводному каналу, дренирующему различные водоносные горизонты. Разгрузка газов (метан с незначительным содержанием тяжелых углеводородов, углекислого газа, азота) в районе вулкана идет практически постоянно, причем большинство грифонов приурочено к зонам тектонических нарушений. Дебит газа как в эруптивном центре, так и в подводных грифонах значительно варьирует, достигая максимума в пароксимальной стадии.

2. Отмечается очевидная связь активизации грязевулканической деятельности с сейсмическими событиями. В качестве возможных предвестников землетрясений могут быть использованы: резкие изменения компонентного состава газов, химического состава подземных вод, активность их разгрузки, темпы роста диапира.

#### 7. РОЛЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ЗАГРЯЗНЕНИИ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ МОРЕЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ СУБМАРИННОЙ РАЗГРУЗКИ

Из всего разнообразия проблем, связанных с загрязнением прибрежной зоны морей, наименее изученными являются очаги загрязнения, обусловленные субмаринной разгрузкой подземных вод. Аномальные по своим физико-химическим свойствам по отношению к морским, наиболее контрастные различия они создает в районах развития грязевого вулканизма, в очагах с инъекционным механизмом разгрузки сероводородных, термальных и минерализованных вод. С одной стороны

подземные воды является необходимым компонентом в формировании сложившегося водно-солевого баланса водоемов, с другой стороны, устойчивые аномалии часто губительны для большинства гидробионтов, что позволяет считать зоны разгрузки важной составной частью автохтонных процессов, очагами "естественного" загрязнения водоемов. Воздействие "естественного" загрязнения на морскую биоту неоднозначно и нами условно выделяется три типа: позитивное, негативное, граничное.

Позитивное воздействие выражается в выносе подземными водами в морскую среду питательных веществ, служащих активизации метаболизма бактерий, которые, в свою очередь, служат источниками питания для других организмов, например - следствие разгрузки термальных вод в б.Кратерная о.Ушшир (Тарасов В.Г., Пропп М.В., 1974).

Негативное воздействие в очагах субмаринной разгрузки пресных подземных вод проявляется в угнетении и гибели изогалинных организмов. Окисление сульфидов и метана, поступающих с гидротермальной жидкостью под уровень моря, сопровождается резким понижением концентраций растворенного в воде кислорода (США, Франция, Япония, Индонезия и др.). По нашим наблюдениям в очагах сероводородного заражения (п-ов Тарханкут) погибает все виды бентосных организмов.

В граничных областях (периферийные части факелов субмаринных источников районов п.Гантиади, г.Гагры) наблюдается активное развитие некоторых гидробионтов. *Mutulus galloprovincialis* имеет здесь большие размеры и биомассу на  $1 \text{ м}^2$ , чем на удалении от источников, также хорошо чувствует себя макрофиты.

Изучение экологических следствий субмаринной разгрузки невозможно проводить без учета естественного геохимического фона

субаквальных ландшафтов и показателей техногенного загрязнения. В первом случае речь идет о накоплении тяжелых металлов в области смешения подземных и морских вод, а также процессах их миграции в системе вода - порода. По нашим данным, в осадках Каргинского залива наблюдаются концентрации железа в 1,3, меди 2,4, ванадия 3,5 выше фоновых. В районе Керченского полуострова (выходы спонтанного газа на дне) концентрации меди - в 10, свинца - в 2, молибдена - в 12, цинка - 5, никеля - в 4 раза выше фоновых, в его-восточном Крыму (р-н п. Приветного) повышенные над фоном концентрации имеют медь, свинец, цинк, марганец, кадмий, мышьяк. Соответствующая тенденция к накоплению этих элементов наблюдается и у различных представителей бентоса. В качестве тест-объектов использовались одновозрастные организмы - фильтраторы и наиболее распространенные формы фитобентоса: *Cystoseira barbata*, *Enteromorpha* sp., *Cladophora* sp. (таблица 1). Для организмов-фильтраторов, помимо фоновых, для сравнения, впервые для Черного моря были использованы античные образцы из археологического раскопа (г. Киммерик 1 в. н. э.). Результаты анализов методом РФА иллюстрирует таблица 2. Иловые воды в области разгрузки хлор-магниевого типа с минерализацией 16,3 г/л и рН-6,82 содержат (мг/л): йод 2,0, бром 38,0, бор 4,3, сероводород 17,0. Загрязнение тяжелыми металлами характерно так же для таких субаквальных ландшафтов, как конуса выноса, где их накопление связано с транспортом природных минеральных образований из верховьев рек ("литогенное загрязнение").

Антропогенная составляющая в областях субмаринной разгрузки может быть представлена широким спектром токсичных элементов и соединений: нитратами, фосфором, тяжелыми металлами, пестицидами, детергентами, радионуклидами и др. Темпы техногенного загрязнения,

Таблица 1

Результаты рентген/флуоресцентного анализа (по 12 образцам) фитобентоса (Г/кг),  
Судакский район, с. Приветное

Тест организм							
<i>Cystoseira barbata</i>	0,980	0,390	0,517	0,068	0,104	5,893	0,154
	0,490	0,0	0,200	0,020	0,055	2,147	0,063
<i>Enteromorpha ulvaceae</i>	1,369	0,436	0,798	0,241	0,054	7,677	0,0
	0,355	0,089	0,115	0,0	0,0	1,003	0,0
<i>Cladophora C.</i>	0,720	0,217	0,314	0,020	0,056	4,056	0,0
	0,694	0,058	0,119	0,200	0,037	3,031	0,0

ПРИМЕЧАНИЕ: в числителе образцы, отобранные в зоне разгрузки,  
в знаменателе - фоновые

Таблица 2

Результаты рентген-флуоресцентного анализа створок *Mutilus galloprovincialis*  
в районе г.Опук (Керченский полуостров) по 20 образцам (г/кг)

Элемент	Место отбора		
	в области разгрузки	фоновые	археологический материал
Fe	$2,222 \pm 0,088$	$1,351 \pm 0,056$	$1,646 \pm 0,084$
N	$1,5 \times 10^{-3} \pm 0,3 \times 10^{-5}$	0,0	0,0
Ca	$0,248 \pm 0,015$	$0,096 \pm 0,001$	$0,066 \pm 0,007$
Cu	$1,260 \pm 0,020$	0,0	0,0
Hg	0,0	$0,75 \times 10^{-3} \pm 0,6 \times 10^{-5}$	0,0
S <sub>2</sub>	0,0	$0,942 \pm 0,012$	0,0

помимо гидрогеологических условий, непосредственно зависят от степени урбанизации побережий, размещения населенных пунктов, промышленных объектов и сельскохозяйственных угодий. Так, загрязнение нитратами и тяжелыми металлами подземных вод было отмечено в районах Краснопереконска, Севастополя, Ялты и др. населенных пунктов. В восточной части Крыма в осадочных породах конусов выноса встречаются высокие концентрации кадмия, мышьяка, фосфора, олова.

Особую экологическую опасность представляют объекты атомной энергетики, расположенные на морских побережьях. Поэтому, прогноз миграции радионуклидов в прибрежной зоне носит не абстрактный характер, а является необходимым компонентом в практике эксплуатации АЭС и соответствует требованиям Комитета по ядерной безопасности МАГАТЭ.

Учитывая опыт изучения Чернобыльской аварии, автор предлагает концептуальную модель переноса и накопления радионуклидов в структурных элементах прибрежной зоны. В общем виде пути миграции радиоактивных элементов представлены следующим образом: зона аэрации - подземные воды - донные осадки, зона аэрации - подземные воды - морская вода, плоскостной сток - пляжные отложения - морская вода, пляжные отложения - донные осадки, морская вода - донные осадки. Согласно предлагаемой схеме, наибольшее накопление радионуклидов следует ожидать в донных осадках, причем, если прохождение каждого пути отнести к единице времени, то последующие будут отличаться на порядок:  $1,0 : 0,1 : 0,01$  : и т.д.

Подводя итоги данного раздела, автор считает своим долгом заметить что исследуя загрязнение прибрежной зоны морей, нельзя оставлять без внимания эстетические и моральные аспекты этой проблемы, которые часто приносятся в жертву экономическим соображениям. Прибрежная зона наиболее доступна

антропогенному воздействию и уязвима. Используя ее природные ресурсы не следует забывать о наносимом ущербе, который может быть непоправим. Приходится констатировать, что несмотря на убедительные доказательства усиливающейся деградации биоценозов, природоохранные мероприятия, направленные на стабилизацию экологической обстановки, в основном, только декларируются.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выделение прибрежной зоны в самостоятельный объект исследований обусловило общую направленность всей работы. Важным моментом при этом явился принцип выделения границ, существенно отличающихся от общепринятых своей изменчивостью во времени. В выделенных динамических границах прибрежная зона рассмотрена, как открытая система, характеризующаяся постоянно меняющимся по масштабам обменом веществом с глубокой частью шельфа и приморскими областями суши.

Аналитические разработки, модельные исследования и оригинальные натурные эксперименты позволили впервые в широком плане рассмотреть механизм взаимодействия подземных и морских вод, классифицировать аномалии, вызванные разгрузкой, определить их параметры и произвести количественную оценку субмаринной разгрузки прямыми методами.

Изучение высокодебитных субмаринных источников карстового происхождения перспективно на побережьях, испытывающих недостаток пресной воды, с целью их каптажа. Опыт подобных работ имеется в ряде стран (Франция, Греция, Италия) и свидетельствует об их экономической целесообразности.

Выполненные исследования, наряду с общими представлениями

о масштабах взаимодействия подземных и морских вод, показывает прямую их связь с экзогенными и литодинамическими процессами, а результаты имеют теоретическое и прикладное значение в вопросах динамики подземных вод и эволюции морских побережий. Большое прикладное значение имеют также газогеохимические и гидрогеологические исследования по выделению и трассированию в прибрежной зоне разрывных нарушений, криптодиapiroвых структур, изучению грязевулканической деятельности. Результаты проведенных работ использовались в правительственных решениях по строительству Крымской АЭС, выборе площадок Одесской АТЭС, Донецкой АЭС.

Организация мониторинга и оценка техногенного влияния на прибрежные экосистемы должна проводиться с учетом субмаринной разгрузки подземных вод, оказывающей существенное влияние на морскую биоту, в первую очередь, на бентосные организмы. В очагах разгрузки поля загрязнений могут перекрываться, создавая суммарный эффект токсичности, приводящей к их угнетению и гибели.

Таким образом, в области развития морской геологии и гидрогеологии рассмотрены актуальные вопросы роли гидрогеологических факторов в механизме функционирования прибрежной зоны - природного объекта, имеющего широчайшее распространение. Направленность работы потребовала создания специальных методов исследований, разработки нестандартных технических приемов и аппаратуры, новых подходов к обобщению и интерпретации материалов наблюдений. В свою очередь, создание методических основ и технического обеспечения исследований открывает широкие возможности дальнейшего изучения прибрежной зоны, последовательному внедрению их в практику. С развитием этого направления восполняются пробелы, существовавшие в изучении территорий, разделяющих сушу и верхнюю часть шельфа.

В многообразии проблем освоения морских побережий, при

увеличении антропогенных нагрузок, достигающих критического уровня, разработки автора применимы при проектировании и строительстве промышленных и гражданских сооружений, объектов водоснабжения, организации мониторинга окружающей среды, решении экологических проблем.

Основные положения диссертационной работы опубликованы:

Монографические издания:

1. Гидрогеология шельфовых областей. Л., Недра, 1980 - 220 с. (совместно с А.И.Коротковым, А.Н.Павловым).

2. Поровые и субмаринные воды и методы их изучения. - Киев, 1986, 60 с. (препринт) АН УССР, Ин-т геолог. наук. 86-25 (совместно с Е.Г.Кониковым, К.Н.Прониным, И.Н.Байсарович и др.).

3. Геология и геодинамика района Крымской АЭС. - Киев.-Наук.думка. 1992, 188 с. (совместно с Н.М.Гавриленко, Е.Ф.Шлячковым, А.В.Чекуновым и др.).

Статьи, доклады, методические рекомендации:

4. О формировании подземных вод приморских артезианских бассейнов // Формирование подземных вод артезианских бассейнов, Тез.докл. - Л., Изд.ГО СССР, 1968, с.34-35.

5. О некоторых вопросах методики изучения геологии и гидрогеологии шельфа // Сб. науч.тр. / Ленинградский гидрометеорол. ин-т, 1971, вып.44, с.174-179.

6. О методах оценки подземного стока на морских побережьях// Гидродинамика глубинных зон артезианских бассейнов: Матер.междувед. тематич. совещания.- Л., - 1972, с. 128-130 (совместно с А.Н.Павловым).

7. Об оценке величины субмаринной разгрузки подземных вод// Изв. Всесоюз.географ.общ-ва - 1973, т.105, Вып.2 - с.174-179.

8. Об электрометрическом определении параметров субаквальной разгрузки // Гидрофизические исследования озер. - Л., Наука, 1973 - с.151-155 (совместно с В.В.Александровым).

9. К вопросу об измерении пульсаций температуры при моделировании субаквальной разгрузки подземных вод // Методы гидрогеологических исследований: Сб. науч. тр. Ленингр. гидрометеорол. ин-та. - Л., 1974, с.169-172. Рук. деп. в ВИНИТИ 4.04.74 № 835-74 (совместно с И.А.Арбузовым).

10. К вопросу о субмаринной разгрузке термальных подземных вод // Методы гидрогеологических исследований: Сб. науч. тр. Ленингр. гидрометеорол. ин-та. - Л., 1974, с.131-140. Рук. деп. в ВИНИТИ, 4.04.74 № 835-74 (совместно с Т.Н.Дровской).

11. Вопросы моделирования субаквальных источников // Методы гидрогеологических исследований: сб. науч. тр. Ленинград. гидрометеорол. ин-та - Л., 1974, с.152-168. Рук. деп. в ВИНИТИ 4.04.74 № 835-74.

12. Некоторые вопросы взаимодействия подземных и морских вод в зоне шельфа // Тез. доклад. по пробл. изуч. и освоения шельфа. - Л., изд. ГО СССР, 1974 - с.85-87.

13. Загрязнение прибрежной части шельфа и пляжевой зоны // Охрана окружающей среды от загрязнения промышленными выбросами: Сб. научн. тр. ин-та / Ленингр. ин-т целлюлозно-бумаж. пром. - 1976, Вып.3 с. 83-88.

14. Опыт построения геодинамической модели прибрежной части шельфа в связи с эксплуатацией гидротехнических сооружений // Проблемы инженерной геологии в связи с рациональным использованием геологической среды: Тез. доклад. Л., ГИ, 1976, с. 18-20 (совместно с А.Е.Агарковым и А.Н.Павловым).

15. Исследования активной разгрузки подземных вод в зоне шельфа // Тез. докл. IX Всесоюзн. сов. по подземным водам Сибири и Дальнего Востока. - Иркутск - Петропавловск-Камчатский, 1979, - с. 121-122.

16. Оценка загрязнения приустьевых частей аллювиальных потоков в районах морских акваторий // Записки ЛГИ, Л., 1980, 80 с. (совместно с А.Н.Павловым, И.А.Моисеевым).

17. Характеристика механического и вещественного состава морских наносов одного из районов западной части залива Терпения (о.Сахалин) Ленинград. политехн. ин-т, 1981, - 12 с. (совместно с А.Н.Павловым, Н.М.Табатабаевым).

18. Подводный карст и методы его изучения // Тез. докл. III Всесоюзн. карстово-спелеологического совещания. - М., ВИЭМС, 1982, с. 40-41.

19. Оценка ресурсов подземных вод в прибрежной зоне и их охрана // Тез. докл. выездной сессии АН СССР по проблемам биосферы. - Киев - Наук. думка, 1982 с. 73-74.

20. Гидрохимические показатели субмаринной разгрузки подземных вод и загрязнение прибрежной зоны // Состояние, перспективы улучшения и использования морской экологической системы прибрежной зоны Крыма: Тез. докл. / Юный научный центр АН СССР - Севастополь, 1983, с. 90-91.

21. Гидрогеологические исследования в прибрежной зоне моря при изучении субмаринной разгрузки подземных вод.: Вр. методические рекомендации. - Симферополь, Изд. Мингео УССР, 1984, - 80 с.

22. Современные задачи изучения субмаринной разгрузки подземных вод // Тез. докл. XXII международного геолог. конгресса, 1984, т. IX, секция 16 - М.: Наука, с. 388-389.

23. Особенности формирования подземных вод в западной части Равнинного Крыма (на примере бухты Очеретай) // Геслог. журнал. - 1986, № 3 с.101-107 (совместно с В.И.Морозовым, А.В.Лушиком, В.П.Павкиным).
24. Режим и баланс подземных вод Баядарской котловины Крыма // Изучение, прогноз режима и баланса подземных вод территории СССР: сб. науч. тр. ВСЕГИНГЕО - М., 1986, - с.81-84 (совместно с В.П.Мелешным, И.М.Байсарович).
25. Субмаринная разгрузка подземных вод и газов на северо-западном побережье Крыма // докл. АН УССР сер.Б 1986 - т.272, № 3 - с. 23-26 (совместно с А.В.Лушиком, В.И.Морозовым).
26. Субмаринная разгрузка трещинно-карстовых вод в юго-западном Крыму // Геолог. журнал. - 1986 - т.46, № 3 -с. 58-63 (совместно с Т.Н.Дровской).
27. Особенности картографирования карста приморских районов // Тез. докл. IV Бессованного карстово-спелеологического созещания. - Владивосток. 1986 - с.54.
28. Изменение состояния акватории в области разгрузки подземных вод // Вопросы гидрогеологических расчетов и охраны природных подземных вод: Сб. научн. тр. Ленинград. гидрометеорол. ин-та. - изд. ШПИ, Л., 1986, 12 с.
29. Выявление активных зон литосферы с целью организации сейсмогидрогеологических наблюдений / В кн.: Проблемы геологии, гидрогеологии, и геоэкологии районов интенсивной инженерной нагрузки и охраны окружающей среды. - Киев: Наук. думка, 1986, Часть I - с.113-115 (совместно с А.В.Лушиком, Б.О.Ежандрием).
30. Карст нектонных котловин юго-западной части Горного Крыма // Тез. международного симпозиума спелеологов Тбилиси - Цхалтубо-

Сухуми. 5-12.X.1987, Тбилиси: Мешниереба, 1987, с.19-20 (совместно с А.В.Лушником, В.П.Мелешиным).

31. Методы исследований в карстовых полостях прибрежной зоны моря // Тез. международного симпозиума спелеологов Тбилиси-Цхалтубо - Сухуми. 5-12.X.1987, Тбилиси: Мешниереба, 1987, с.46.

32. Методические рекомендации по гидрогеологическому изучению морей и крупных озер. М., ВСЕГИНГЕО, 1987 - 66 с. (совместно с А.В.Месхетели, И.С.Зекером, Р.Г.Джамаловым и др.).

33. Гидрогеологические факторы в развитии литодинамических процессов прибрежной зоны // Инженерная геология шельфа морей и океанов мира: тез. докл. международного симпозиума, Тбилиси, Мешниереба, 1988, с.100-151.

34. Миграция радионуклидов на морских побережьях // Экспериментальные исследования и прогноз миграции радионуклидов в зоне аэрации и подземных водах: тез. докл. науч. семинара - М., ВСЕГИНГЕО, 1988, с.38-40.

35. Карст межгорных котловин Горного Крыма // Проблемы комплексного изучения карста горных стран - Тбилиси: Мешниереба, 1989, с.124-126 (совместно с А.В.Лушником, В.П.Мелешиным).

36. Методы исследований в карстовых полостях прибрежной зоны морей // Проблемы комплексного изучения карста горных стран. - Тбилиси: Мешниереба, 1989, - с.233-235.

37. Условия миграции радионуклидов в пределах субавиальных ландшафтов // Принципы и методы ландшафтно-геохимических исследований миграции радионуклидов: тез. докл. Всесоюзного совещания. - Суздаль 13-17.XI.1989, - М., АН СССР, 1989 - с. 54-55.

38. Выявление разрывных <sup>нарушений</sup> газогеохимическими методами в прибрежной зоне морей // Доклады АН УССР, сер.Б, 1989, № Ю, с.28-30 (совместно с Б.О.Шкандрием, Б.Г.Чухловым).

39. Диалиры северной части Керченского полуострова и прилегающей акватории Азовского моря // Доклады АН УССР сер.Б, 1990, № 1, с.25-27 (совместно с А.В.Лушником, Б.О.Шкандрием, М.Е.Герасимовым).

40. Геологическая структура и геодинамика района Крымской АЭС // Геофизический журнал, т.12, 1990 - № 3, с.3-27 (совместно с А.В.Чекуновым, Н.М.Гавриленко, Е.Ф.Шиковым и др.).

41. Новые данные о гравитационной деятельности в Темрюкском заливе Азовского моря // Доклады АН УССР, сер.Б, 1991, № 1, с. 87-93 (совместно с Н.А.Вальтером).

42. Комплексирование геогеофизических методов для оценки состояния геологической среды в районах размещения народнохозяйственных объектов / В кн.Геология: проблемы и решения. ч.1. Общие проблемы геоэкологии. - М., ВСЕГИНГЕО, - 1991, с.128-129 (совместно с А.В.Лушником, В.А.Сафоновым, В.И.Морозовым и др.).

43. Геолого-экологическое картирование промышленно-городских агломераций // Геолого-экологические проблемы Украины: тез. докл. республиканского научно-техн.семинара: Днепропетровск, 22-24.X.1991 - Днепропетровск: ЦТЭ Киев, 1991 - с.26-28.

44. Биологические индикаторы загрязнения современных осадков в прибрежной зоне морей // Геолого-экологические проблемы Украины: тез. докл. республ. научно-технич. семинара. Днепропетровск 22-27.X.1991 - Днепропетровск: ЦТЭ, Киев, 1991, - с. 71-72 (совместно с В.А.Ложановым).

45. Методические рекомендации по комплексным исследованиям геологической среды (геолого-экологические и инженерно-геологические аспекты) - Сиверополь, Мингео СССР, Изд. Госкомгео Украины, 1991 - 40 с. (совместно с А.В.Лушником, И.П.Давиденко, Б.О.Шкандрием и др.).

AB 517 810

Юровский Юрий Георгиевич  
 Государственный архивный работник в звании  
 государственной должности государственной службы  
 Класс в надоб 1209 94 в Подраздел в классе 1202 93 в  
 Формат 80x84/4. Бумага писчая. Цвета, розоватая.  
 70 см. пер. в 88. 242 экз. от 1964  
 Табл. 100 шт. Зав. 1951. Бюджет.  
 Тираж 3000 экз. Склад хранения на Лесном 8

278594

АВ 27.818

**Юровский Юрий Георгиевич**  
**Особенности природных процессов в зонах**  
**субмаринной разгрузки подземных вод**

Сдано в набор 12.08. 93 г. Подписано в печать 13.08. 93 г.

Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага писчая. Печать ротاپринтная.

Усл. печ. л. 2,8. Усл. кр.-отт. 3,04.

Тираж 100 шт. Зак. 1953. Бесплатно.

Гортипোগрафия, 333000, г. Симферополь, ул. Горького, 8