



Николай Ковалев · Владимир Пухлий · Светлана Солдатова

Применение дистанционного геофизического комплекса "Поиск"

Решение инженерных и геолого-поисковых
задач



Palmarium
academic publishing

Николай Ковалев
Владимир Пухлий
Светлана Солдатова

Применение дистанционного геофизического комплекса
"Поиск"

**Николай Ковалев
Владимир Пухлий
Светлана Солдатова**

**Применение дистанционного
геофизического комплекса "Поиск"**

**Решение инженерных и геолого-поисковых
задач**

Palmarium Academic Publishing

Impressum / Выходные данные

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Библиографическая информация, изданная Немецкой Национальной Библиотекой. Немецкая Национальная Библиотека включает данную публикацию в Немецкий Книжный Каталог; с подробными библиографическими данными можно ознакомиться в Интернете по адресу <http://dnb.d-nb.de>.

Любые названия марок и брендов, упомянутые в этой книге, принадлежат торговой марке, бренду или запатентованы и являются брендами соответствующих правообладателей. Использование названий брендов, названий товаров, торговых марок, описаний товаров, общих имён, и т.д. даже без точного упоминания в этой работе не является основанием того, что данные названия можно считать незарегистрированными под каким-либо брендом и не защищены законом о брендах и их можно использовать всем без ограничений.

Coverbild / Изображение на обложке предоставлено: www.ingimage.com

Verlag / Издатель:

Palmarium Academic Publishing

ist ein Imprint der / является торговой маркой

OmniScriptum GmbH & Co. KG

Bahnhofstraße 28, 66111 Saarbrücken, Deutschland / Германия

Email / электронная почта: info@palmarium-publishing.ru

Herstellung: siehe letzte Seite /

Напечатано: см. последнюю страницу

ISBN: 978-3-659-60461-4

Copyright / АВТОРСКОЕ ПРАВО © 2016 OmniScriptum GmbH & Co. KG

Alle Rechte vorbehalten. / Все права защищены. Saarbrücken 2016

Н.И.Ковалев, В.А.Пухлий, С.В.Солдатова

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «ПОИСК». РЕШЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ И ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫХ ЗАДАЧ

Дюссельдорф-2016

Рецензенты: д.геолог.-минер.наук, профессор Г.А.Белявский
д.физ.-мат.н., профессор Л.Г.Корнейчук

КОВАЛЕВ Н.И., ПУХЛИЙ В.А., СОЛДАТОВА С.В.

**ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО
КОМПЛЕКА «ПОИСК». РЕШЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ И ГЕОЛОГО-
ПОИСКОВЫХ ЗАДАЧ.**

Монография. – Дюссельдорф, 2016.

Монография посвящена рассмотрению вопросов использования аппаратуры дистанционного геофизического комплекса прямых измерений для решения практических инженерных и геологических поисковых задач. Представлены результаты дистанционных исследований по оценке эффективности аппаратуры для выявления и оконтуривания углеводородных аномалий, определение глубин залегания углеводородных коллекторов и их пористости до начала бурения скважин. Приведены результаты выполнения комплекса мероприятий по экологической очистке прибрежных акваторий от затопленных плавсредств с боеприпасами и затопленного химического оружия в Черном море. Излагается установленный механизм природного образования подземных питьевых и геотермальных вод вблизи магматических очагов потухших вулканов, расположенных на побережье морей и океанов. Опытные и практические поисковые работы, выполненные с помощью полевой аппаратуры дистанционного комплекса «Поиск» подтверждают ее высокую результативность для дистанционной идентификации, оконтуривания и получения продуктивных площадей залежей, первичных геологических характеристик нефтегазовых коллекторов, которые позволяют выполнить экспресс-оценку пригодности к промышленному освоению выявленных залежей углеводородов и выбор точек под размещение буровых скважин с гарантированным притоком углеводородов. Впервые получены результаты исследований газовых скоплений под угольными пластами, которые выявили основную причину объемных взрывов метана в шахтах. Рассматриваются некоторые теоретические задачи в области ядерного магнитного резонанса, лежащие в основе применения аппаратуры дистанционного геофизического комплекса «Поиск». Излагается геофизический метод поиска полезных ископаемых, основанный на эффекте волн обжата в слоистых средах, при котором слои Земли рассматриваются как многослойная сжимаемая среда. Монография может быть полезной научным работникам, преподавателям ВУЗов, аспирантам, инженерам, государственным служащим в области геологии, механики сплошных сред, геофизики, экологии.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
ГЛАВА I. Разработка научно-методических основ дистанционного прямого поиска углеводородных месторождений с помощью аппаратуры «Поиск».....	9
1.1. Введение	9
1.2. Основания для проведения исследований	12
1.3. Объекты изучения. Задачи исследований	13
1.4. Методика выполнения исследований	15
1.5. Результаты исследований	16
1.6. Выводы	26
Литература к главе I	27
ГЛАВА II. Использование полевой аппаратуры «Поиск» для обнаружения подземных питьевых вод.....	29
2.1. Введение	29
2.2. Исследование механизма образования подземных пресных и геотермальных вод вблизи магматических очагов потухших вулканов	31
2.3. Использование термальных подземных вод в крымских городах для обеспечения горячего водоснабжения и хозяйственных нужд	41
2.4. Выводы.....	44
Литература к главе II	44
ГЛАВА III. Использование полевой дистанционной аппаратуры «Поиск» для изучения образования объемных взрывов углеводородных газов в угольных шахтах.....	46
3.1. Введение	46
3.2. Цели и задачи исследований	47
3.3. Методы исследований	47
3.4. Результаты исследований	50
3.5. Детонация	54
3.6. Выводы	55
3.7. Рекомендации и предложения	56
Литература к главе III	57
ГЛАВА IV. Применение аппаратуры при решении задач по комплексной экологической очистке азово-черноморских прибрежных акваторий от загрязнений и затопленных судов, боеприпасов, химического оружия	59
4.1. Введение.....	59
4.2. Очистка прибрежных акваторий от затопленных контейнеров с боевыми отравляющими веществами и судов с боеприпасами.....	62
4.3. Выводы	65
Литература к главе IV.....	65

ГЛАВА V. Возможность использования комплекса «Поиск» для обнаружения экологически опасных объектов в водной среде и районирования подводных загрязненных грунтов	67
5.1. Введение.....	67
5.2. Постановка задачи.....	68
5.3. Методика дистанционного поиска и идентификации различных объектов и веществ, находящихся под грунтом.....	68
5.3.1. Технология проведения поисковых работ	72
5.3.2. Состав и технологические возможности географического комплекса «Поиск»	74
5.4. Выводы.....	75
Литература к главе V.....	75
ГЛАВА VI. Исследование аварийных утечек воды через основание и водоподпорные сооружения Чернореченского водохранилища с применением аппаратуры дистанционного геофизического комплекса «Поиск»	77
6.1. Введение	77
6.2. Цель и основные задачи исследований	78
6.3. Способ поиска подземных питьевых вод с помощью аппаратуры резонансно-тестового комплекса «Поиск»	78
6.4. Методика выполнения исследований	79
6.5. Последовательность выполнения поисковых работ	83
6.6. Основные результаты исследований	83
6.7. Выводы	90
6.8. Динамическое воздействие природного и техногенного характера на плотину Чернореченского водохранилища г. Севастополя.....	92
6.8.1. Гидродинамическое воздействие жидкости на земляную плотину	94
6.8.2. Решение задачи о цунами	96
6.8.3. Решение задачи о солитоне	97
6.8.4. Сейшевые волны	97
6.8.5. Удар самолета о плотину либо дамбу	97
Литература к главе VI	98
ГЛАВА VII. Некоторые теоретические исследования в области ядерного магнитного резонанса, лежащие в основе применяемой аппаратуры дистанционного геофизического комплекса «Поиск».....	101
7.1. К задаче спинового эха в теории ядерного магнитного резонанса	101
7.2. К задаче о реакции приемного контура в магнитном поле Земли	112
7.3. К решению начальной задачи Коши для автодина	122

7.4. Магнитная переориентация в ансамблях однодоменных наночастиц и решение задачи Коши	129
ГЛАВА VIII. Геофизический метод поиска месторождений полезных ископаемых, основанный на эффекте воли обжатия.....	145
8.1. Введение	145
8.2. Сейсмические волны в слоистой среде	147
8.3. Сейсмозврывные волны в слоистых средах при ядерном взрыве	149
8.4. Сейсмический источник ядерного взрыва	150
8.5. Волны обжатия в слоистых средах	153
8.5.1. Собственные колебания трехслойных оболочек	157
8.5.2. Анализ полученных результатов	158
8.6. Поиск ловушек, благоприятных для нефти и газа	160
8.7. Применение сейсмического метода для разведки рудных месторождений	161
8.8. Выводы	163
Литература к главе VIII	164
Заключение	166
Справка об авторах	168

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая монография основана на научных результатах авторов. Она посвящена опыту использования аппаратуры разработанного геофизического комплекса прямых измерений для решения ряда инженерных и геолого-поисковых задач.

Результаты исследований опубликованы в многочисленных статьях, докладах на Международных конференциях, Симпозиумах.

Проведенные исследования с помощью геокосмических средств поиска подземных вод и аппаратуры резонансно-тестового дистанционного комплекса «Поиск», разработанного в Севастопольском национальном университете ядерной энергии и промышленности (СНУЯЭиП), позволили установить один из механизмов природного образования подземных питьевых и геотермальных вод вблизи магматических очагов потухших вулканов, расположенных вдоль побережья морей и океанов. Выявленные источники подземных питьевых и геотермальных вод имеют важные хозяйственные значения для стран с засушливым климатом. Данные источники образования подземных вод могут быть внесены в общий баланс круговорота воды на планете и отнесены к устойчивым возобновляемым ресурсам пресных вод, которые могут активно использоваться для сельскохозяйственных нужд и в качестве источников питьевого водоснабжения городов и поселков.

Опытные и практические поисковые работы, выполненные с помощью полевой аппаратуры дистанционного комплекса «Поиск» подтверждают ее высокую результативность для дистанционной идентификации, оконтуривания углеводородных аномалий и дистанционного получения первичных геологических и геофизических характеристик коллекторов, необходимых для экспресс-оценки пригодности к промышленному освоению выявленных залежей углеводородов или выбору точек под размещение буровых скважин с гарантированным притоком углеводородов. Аппаратура позволяет выполнить зондирование грунта и рудных пород до глубин 1000 м, а обнаружение углеводородных залежей до глубин 6 000 м.

Возможность объединение аэрокосмических, традиционных методов и предложенного метода поиска углеводородов может существенно снизить финансовые риски поисковых буровых работ, особенно на больших глубинах (до 6000 м), что создает коммерческую привлека-

тельность нефтегазоразведки с помощью разработанной аппаратуры дистанционного комплекса «Поиск».

Проведенными геологическими исследованиями с применением комплекса «Поиск» на угольных шахтах впервые установлено, что под угольными пластами в зонах повышенной трещиноватости находятся участки скоплений природного газа, которые мгновенно вскрываются в момент удаления угольных пластов. При этом происходит мгновенный выброс газа с высокими значениями давления (150-250 кг/см²) и температуры в выработку с содержанием в воздухе кислорода и незначительных концентраций продуктов постоянного окисления метана, что приводит к объемному взрыву.

Полученные результаты исследований газовых скоплений под угольными пластами подтверждены бурением и позволяют определить дополнительные меры по обеспечению газовой безопасности шахт, исключаящие объемные взрывы.

Изложен большой практический опыт проведения комплекса работ с применением аппаратуры комплекса «Поиск» по очистке прибрежной акватории Азово-Черноморского бассейна от контейнеров с боевыми отравляющими веществами, от затопленных боеприпасов и военных кораблей, а также других объектов, представляющих экологическую опасность.

С применением аппаратуры резонансно-тестового комплекса «Поиск» решена инженерная задача по оперативному выявлению подземных аварийных утечек воды через основание и водоподпорные сооружения Чернореченского водохранилища г.Севастополя. В теоретическом плане рассмотрены задачи сейсмостойкости плотины при нестационарном воздействии динамических нагрузок самого общего вида, задачи о воздействии цунами, сейшевых волн в замкнутых водохранилищах, а также задачи о воздействии волн типа бора в каналах. К решению 3-х мерных начально-краевых задач предложен численно-аналитический подход, доложенный проф.В.А.Пухлий на XI Всероссийского Съезда по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики в 2015 г в г.Казани.

Рассмотрены теоретические задачи в области ядерно-магнитного резонанса, положенные в основу разработки комплекса аппаратуры дистанционной идентификации полезных ископаемых, залегающих на глубинах до 6000 м. Это, прежде всего, задача о спиновом эхо в теории ядерного магнитного резонанса, задача о реакции приемного кон-

тура в магнитном поле Земли. Получено точное решение задачи об автотодине. Исследована магнитная переориентация в ансамблях однодоменных наночастиц.

Излагается геофизический метод поиска полезных ископаемых, основанный на эффекте волн обжата в слоистых средах. В данном методе Земная кора рассматривается как многослойная среда, в которой чередуются несжимаемые скальные слои (гранит, базальт и др.) и сжимаемые слои (глины, углистые сланцы, слоистые песчаники и др.). Показано, что учет сжимаемых слоев при динамическом поведении приводит к возникновению нового типа волн в многослойных слоях – волнам обжата.

Впервые теоретически было обосновано существование нового типа волн в многослойных средах в 1981 г. Э.И.Григолюком, В.А.Пухлий и П.П.Чулковым и доложено на V Всесоюзном съезде по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики в Алма-Ате. Дальнейшее развитие было осуществлено в работе проф.В.А.Пухлий (В.А.Пухлий. Об одном типе волн в слоистых средах.– Проблемы машиностроения и надежности машин. – РАН, 2002, №6, с.90-99).

ГЛАВА I. РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРЯМОГО ДИСТАНЦИОННОГО ПОИСКА УГЛЕВОДОРОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ АППАРАТУРЫ «ПОИСК»

1.1. Введение

Низкая эффективность геофизических методов поиска углеводородов и дороговизна буровых поисковых работ, особенно при больших глубинах бурения, требуют совершенствования оперативных дистанционных способов геологоразведки. Комплексирование различных геофизических, нетрадиционных и аэрокосмогеологических способов позволяет повысить вероятность определения границ контуров скрытых залежей (до 40-60%), что улучшает результативность бурения [1]. Однако получение дистанционными способами поиска важнейших геологических характеристик пород коллекторов (типа и пористости), полезных мощностей УВ горизонтов и эффективных площадей аномалий остается сложной задачей, что затрудняет принятие решения на бурение скважин [2, 6]. В настоящее время проходят опытную апробацию несколько дистанционных способов геологоразведки в России, Украине, Канаде и др. странах. Ни один из этих способов геологоразведки, а также существующие дистанционные методы зондирования Земли из космоса не могут определить пористость пород-коллекторов, полезные мощности коллекторов и эффективные площади углеводородных (УВ) аномалий.

Специалистами НИЛ ядерно-химических технологий СНУЯЭиП предложен способ получения этих характеристик с помощью резонансно-тестовой аппаратуры геофизического комплекса «Поиск», при котором используются данные ДЗЗ и результаты измерений мобильной дистанционной полевой аппаратурой (вес до 80 кг).

Методика применения дистанционного геологического комплекса "Поиск" для прямого обнаружения и оконтуривания углеводородных месторождений подробно изложена в монографии [1], а также в статьях [5,6,7].

В основе способа дистанционного глубинного определения нефтяных участков и типов пород нефтенасыщенных коллекторов с помощью полевой аппаратуры комплекса "Поиск" лежит применение генераторов СВЧ-излучений гигагерцовой частоты для резонансного возбуждения атомов веществ в нефтепроницаемых породах и атомов металлов, которые содержатся в различных типах нефти [1, 6, 9, 10]

или в рудах. Достоинства и отличительные показатели данного способа поиска:

- универсальность, возможность дистанционного поиска любых видов полезных ископаемых (нефть, газ, газовый конденсат, золотосодержащие и урановые руды, алмазы, руды различных металлов, а также подземные термальные и питьевые воды);
- успешность обнаружения углеводородов – более 90%, металлов – более 80÷85%, возможность определения глубин залегания месторождения (до бурения) и расчета прогнозных извлекаемых запасов (успешность обнаружения скрытых месторождений существующими геофизическими способами – 30-35 %);
- возможность дистанционного определения типов месторождений и их первичное оконтуривание на космическом фотоснимке, что обеспечивает масштабность проведения поисковых работ путем охвата крупных районов поиска, площадью до 60 × 60 км, что сокращает сроки поиска и определения объемов прогнозных запасов участков месторождений до 5-6 месяцев (выполнение штатными способами – до 2-х ÷3-х лет);
- низкая себестоимость работ по обнаружению и идентификации месторождений – следствие исключения больших объемов поискового бурения;
- не требуется полного объема проведения исследований района поиска месторождения несколькими традиционными способами (магниторазведкой, сейсмической, радиационной и геохимической разведкой, электроразведкой), так как данный способ непосредственно определяет тип и профиль месторождения, а не геофизические признаки, по которым традиционно принимается решение о выборе точки для вскрытия предполагаемого месторождения (аномалии) бурением;
- возможность до бурения дистанционно определить приблизительные количественные показатели и качество полезных ископаемых (объемы, наличие загрязняющих примесей, глубины залегания всех горизонтов, давление в горизонтах, концентрации металлов в рудных телах), что исключает финансовые риски на вскрытие перспективных месторождений;
- высокая оперативность выполнения работ (на I этапе) по первичной идентификации участков месторождения на больших площадях (время обследования территории 4000 км² дистанционным гео-

космическим способом составляет от 2 до 4 месяцев), успешность идентификации - 70÷75%.

Дистанционная идентификация (распознавание) нефти и нефтепроницаемых пород в недрах Земли до глубин 6000 м с помощью указанного комплекса выполняется с использованием резонансных явлений веществ при воздействии радиочастотных излучений на атомы элементов (ЯМР-спектроскопия), входящих в состав конкретного вида нефти или различных типов пород. Для посылки радиочастотных резонансных излучений на большие глубины применяются генераторы СВЧ-излучения гигагерцовой частоты с вращательным электромагнитным полем в энергетическом канале излучения. На рабочую частоту СВЧ-генератора модулируются частотные резонансные спектры атомов реперных химических элементов (Ni, V, C, P, S и др.) и информационно-энергетические спектры (интегральные спектры) образцов проб нефти и пород-коллекторов различной пористости [1, 6, 10]. Резонансные спектры (ЯМР-спектры) атомов металлов, входящих в состав идентифицируемых веществ и выбранных в качестве реперных элементов, записываются на установках ЯМР в частотном диапазоне от 60 до 250 МГц. Непосредственно с образцов проб различных марок нефти или руд записываются резонансные информационно-энергетические спектры веществ (интегральные спектры) с помощью высокочастотных блоков резонансно-тестовой аппаратуры, входящей в состав комплекса "Поиск" [1, 6, 7, 11, 12].

Информационно-энергетические спектры идентифицируемых веществ переносятся на рабочие магнитные носители ("рабочие матрицы"), а атомные спектры металлов - на "тестовые" матрицы и используются для резонансного возбуждения этих веществ в недрах Земли (до глубин 6 км) путем воздействия на них модулированных сигналов СВЧ-генератора [1, 2, 3, 11, 12]. Набор "реперных" металлов, входящих в состав различных марок нефти, был ранее изучен российскими и украинскими учеными [9, 10]. Для установления реперных элементов в нефти используется нейтронно-активационный метод определения концентрации металлов и неметаллов в них. Элементный состав образцов углеводородов и амплитуды их интегральных спектральных характеристик (информационно-измерительных спектров) записываются в банк данных стационарного комплекса "Поиск" и используются в качестве распознавательных признаков углеводородов и

пород-коллекторов различной пористости, залегающих на глубинах до 6000 м [8, 13].

Для настройки аппаратуры и подтверждения дистанционного обнаружения, идентификации разновидностей нефти ("светлая", "густая", "запечатанная") и пород-коллекторов перед началом полевых работ в лабораторных условиях проводятся испытания стационарной и переносной аппаратуры комплекса "Поиск" по избирательной регистрации образцов нефти и образцов пород (нефтеносных коллекторов) с различных расстояний (25 м и 50 м). При этом путем регулирования порога чувствительности измерительной аппаратуры добиваются избирательной идентификации каждого реперного элемента или типа проб нефти и пород, расположенных вплотную друг к другу (для подтверждения отсутствия взаимного влияния) [6].

1.2. Основания для проведения исследований

В течение нескольких лет испытания аппаратуры комплекса проводились на известных месторождениях нефти и газа в Крыму (Татьянинское газоконденсатное месторождение, 2006 г.) [3] и на шести известных нефтяных скважинах Владиславского месторождения (Крым, 2007 г.) [4]. Опытные исследования подтвердили высокую результативность поисковых работ по оконтуриванию и измерению глубин залегания углеводородных коллекторов [8, 13].

В 2009 г. проведена экспертиза дистанционного способа поиска нефти и газа на территории США (штат Юта) с привлечением независимого госарбитра г.Юта. Были выделены пять участков, каждый площадью 25 км² (5x5 км). Данные участки в течение пяти лет были детально обследованы традиционными способами разведки (сейсмика, электроразведка, магниторазведка и др.) и оценены все как перспективные для разработки. Однако по результатам бурения были вскрыты 2-а нефтяных месторождения на двух участках, и на одном – непромышленное месторождение газа. Еще на одном из участков (№ 1) в это время выполнялось бурение на глубине 2,5 км. Результаты обследования 10-ти участков с помощью аппаратуры дистанционного комплекса "Поиск" точно совпали с результатами бурения, в том числе и на участке № 1 (по завершению его бурения) [5].

В 2008 г. были успешно завершены работы в соответствии с "Программой-6" Минтопэнерго Украины: "Дистанционное исследование скоплений природного газа и газового конденсата в границах Новокозантиновского месторождения урановых руд" (шифр "Газ"). В

результате работы идентифицированы крупные скопления газа и газового конденсата под Новокозантиновской уранорудной зоной, определены конкретные границы и примерные объемы скоплений газа на глубинах 2350-2450 м и газового конденсата на глубинах 2450-2550 м. Установлено, что поступление газа и газового конденсата к урановым рудным телам происходит по глубинному секущему разлому. Затем были выполнены работы по подтверждению скоплений углеводородов с помощью традиционных методов геологоразведки (июль 2009 г.) и бурением. Данные подтвердили наличие углеводородных залежей в субмеридиональных зонах интенсивного дробления пород, расположенных ниже урановорудных тел, чем подтверждена высокая результативность обнаружения УВ аномалий в различных геологических структурах.

1.3. Объекты изучения. Задачи исследований

Прогнозно-геологические исследования выполнялись по заказу коммерческих компаний и инвестиционных компаний в Крыму (экспертиза скважин на известном Татьянинском газоконденсатном месторождении), на Украине (изучение газовых скоплений на шахтном поле угольной шахты им.Засядько), в России (аналогичные работы на 6-ти угольных шахтах УК «Заречная»), в США (изучение аномалий сланцевого газа в шт. Техас и нефтяного участка в шт. Юта), в Индонезии (нефтегазовый блок «Брантас» на 5-ти участках S=3 500 км², из них 3-и – на шельфе), в Австралии (блок Купер РЕЛ-105 (Cooper), площадью более 1 100 км²), в Крыму (по заказу «Черноморнефтегаз», РФ) на месторождении «Поворотное», 2014 г..

На первом этапе работы выполнялись с применением средств дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) путем расшифровки космоснимков по авторской технологии [1, 10, 11, 12].

При этом идентифицировались типы углеводородной аномалии (нефтяная, газовая, нефтегазовая), определялись границы контуров аномалий, примерные глубины залегания углеводородных коллекторов в аномалиях.

В период полевых работ (II^{ой} этап) мобильной аппаратурой, установленной на автотранспорте (или плавсредствах) выполнялись измерения по определению следующих характеристик залегания углеводородов в аномалиях:

- контуры эффективных площадей аномалий, глубины залегания (до 6000 м) углеводородных коллекторов в точках измерения на глу-

- бинных геологических разрезах;
- полезные мощности коллекторов, типы пород углеводородных коллекторов и их примерная пористость (от 5% до 20%);
- контуры углеводородных ловушек (не более 2-х на аномалии);
- давления газа в аномалиях (в каждом горизонте);

На основе этих данных производился выбор точек под бурение скважин и подсчет прогнозных объемов запасов в углеводородных аномалиях.

По материалам отчета Заказчик проверял результаты работ путем сравнения их с имеющимися у него данными сейсмоки (при их наличии) или проводил дополнительные исследования традиционными методами геологоразведки вблизи точек выбранных под бурение. Затем выполнялись буровые работы по вскрытию аномалий и окончательная оценка результатов работ.

Главными целями работ являлись:

- 1) Определение типа пород углеводородных коллекторов и их пористости в выявленных УВ-аномалиях;
- 2) Выбор точек под бурение скважин в углеводородных ловушках, обеспечивающих гарантированный промышленный дебит скважин.
- 3) Определение эффективной площади углеводородной аномалии, расположенной в геологической структуре с требуемой пористостью пород-коллекторов (>7%).

Здесь рассматривается опыт использования аппаратуры комплекса глубинного зондирования недр Земли «Поиск» для дистанционного поиска и оконтуривания прямым методом участков углеводородных залежей на глубинах залегания до 6000 м. С помощью аппаратуры комплекса «Поиск» отработывались методики идентификации, оконтуривания и предварительной экспресс-оценки пригодности для промышленной разработки выявленных месторождений углеводородов путем измерения дистанционной аппаратурой глубин залегания углеводородных коллекторов, их пористости, а также пород в них. Практические работы подтверждают возможность применения разработанного дистанционного метода поиска для идентификации типов углеводородов и характеристик пород-коллекторов до начала бурения. Это обеспечивает эффективный выбор точек под бурение результативных разведочных скважин на глубинах до 6 км.

Разработанный метод является универсальным для решения большого круга геолого-поисковых и инженерных задач в геологии и эко-

логии.

1.4. Методика выполнения исследований:

1. I этап. Определение УВ аномалий с помощью средств ДЗЗ путем расшифровки космических фотоснимков стационарной аппаратурой с применением радиационно-химических технологий (визуализация границ контуров аномалий). Выбор перспективных аномалий для детального обследования.

2. II этап. Полевые работы:

- а) уточнение границ контуров аномалий и выделение эффективных площадей;
- б) измерение глубин залегания и мощностей УВ-коллекторов в точках, расположенных на геологических разрезах;
- в) идентификация пород-коллекторов и определение их пористости с помощью резонансно-тестовой аппаратуры;
- д) определение границ УВ-ловушек;
- е) подсчет прогнозных запасов УВ;
- ж) выбор точек под бурение скважин в выявленных углеводородных ловушках (УВ-ловушки).

3. Подтверждение полученных результатов традиционными методами геологоразведки вблизи выбранных точек под бурение скважин, затем бурение поисковой скважины и оценка результатов.

Расшифровки космических фотоснимков проводились с применением радиационно-химических технологий [1, 5, 6, 7, 13] путем визуализации границ (контуров) участков с углеводородными аномалиями. Эти границы уточнялись в полевых условиях с использованием мобильной аппаратуры и приемников GPS и затем наносились на карту района поиска. Данный способ оконтуривания подобен существующим аэрокосмическим способам дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), однако вероятность идентификации типов пород коллекторов и углеводородных аномалий с помощью полевой аппаратуры комплекса "Поиск" резко возрастает (до 95-97 %) [5, 6, 11, 12, 13].

В полевых условиях модулированный сигнал с помощью узконаправленной антенны от высокочастотного блока СВЧ-генератора через энергетический или «ионизационный» канал направляется под определенным углом вглубь Земли для дистанционного резонансного возмущения атомов реперного элемента либо всего идентифицируемого вещества, залегающего на глубинах до 6000м [1, 5, 6, 7, 11]. При этом над участком месторождения возникает слабое высокочастотное

электромагнитное поле, характерное для каждой разновидности нефти и пород. Каждое характерное электромагнитное поле последовательно регистрируется чувствительным прибором-приемником, настроенным на резонансную частоту конкретного атома реперного элемента или интегрального спектра вещества (нефть, порода-коллектор), что обеспечивает их избирательную идентификацию на различных глубинах [1]. Глубина залегания коллектора измеряется путем геометрических расчетов по тангенсу угла наклона антенны и измеренному катету, т.е. расстоянию от генератора до оконечности аномалий (Рис.1.1, Рис.1.2). Схематически общая технология показана на рис.1.8, а элементы технологии – рис. 1.9, 1.10, 1.11.

1.5. Результаты исследований

Во всех случаях в качестве распознавательных признаков разновидностей нефти был принят количественный состав реперных металлов в них, а для надежности идентификации "запечатанной" нефти или «непромышленной» аномалии использовались 4 дополнительных параметра: а) отсутствие газовой шапки в нефтеносном коллекторе; б) тип породы нефтяного коллектора; в) величина пористости пород; г) отсутствие динамики движения пластовых флюидов к нефтяной аномалии. Непромышленная газовая аномалия определялась по типу пород газонасыщенных коллекторов и их низкой пористости, а также по низкому давлению газа в коллекторе и не значительной мощности эффективного коллектора.

Для идентификации типов пород нефтеносных коллекторов были изучены наиболее часто встречающиеся породы с повышенной нефтегазопроницаемостью - барьерный риф, конгломераты, крупно- и мелкозернистый песчаники, трещиноватые известняки, алевролиты, галечные отложения и обломочные кристаллические породы. Процентное содержание металлов и специфических (реперных) элементов в каждой породе значительно разнятся, что обеспечивает их дистанционную избирательную идентификацию [1, 5, 6].

При идентификации пластов с подвижной нефтью мощность газовой шапки составляла от 15 м до 5 м (давление газа в ней от 20,0 до 40,0 МПа). Это надежно регистрировалось в точках измерения вблизи известных скважин в Монголии, район Торхом (Bloch X South Torhom), США (шт.Юта, г.Орем), а также на нефтяном полигоне

Украины (Крым), в Индонезии (блок «Брантас», на 3-х скважинах) и в Австралии (Блок Купер, скв.Пири-1) [3, 4, 6, 7].

Давление газа в газовых аномалиях и в газовых шапках нефтяных коллекторов определялось с применением резонансно-тестовой аппаратуры и по распознавательным спектрам образцов проб газа, записанным на «тестовые» матрицы при различных давлениях газа в пробах (набор тестов составлял от 5,0 МПа до 60,0 МПа с интервалом давлений 2,5 МПа).

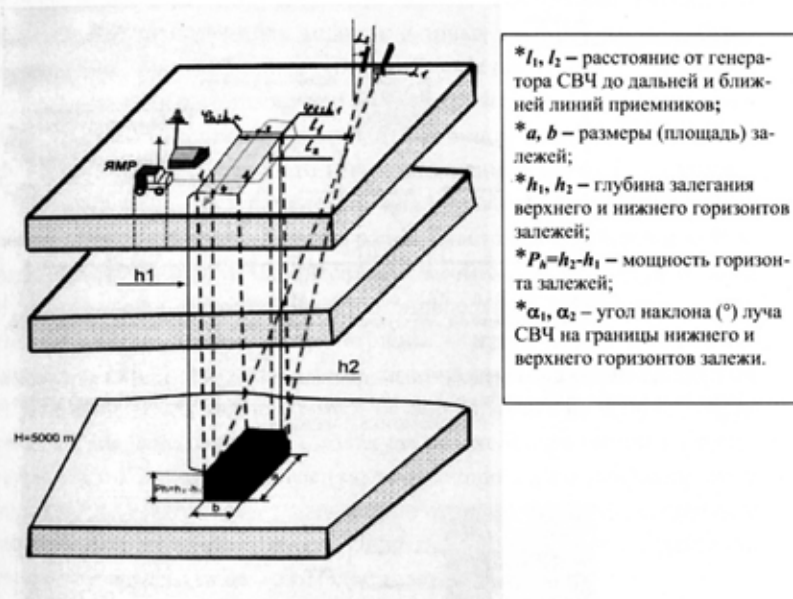


Рис 1.1. Способ оконтуривания участка и определение глубины залегания горизонтов нефтяных проявлений с помощью полевой резонансной ЯМР-аппаратуры комплекса «Поиск»: l_1, l_2 - расстояние от генератора СВЧ до дальней и ближней линий приемников; a, b - размеры (площадь) залежей; h_1, h_2 - глубина залегания верхней и нижней частей залежей; $P_n = h_2 - h_1$ - мощность горизонта залежи

Дистанционная регистрация полевой аппаратурой основных типов нефтепроницаемых пород позволяет получить первичные данные о примерных величинах коэффициентов эффективной пористости пород-коллекторов, необходимых для экспресс-оценки запасов нефти, и для подтверждения гарантированных притоков в нефтяных скважинах. Рекомендованные точки под бурение скважин выбирались в углеводородных ловушках.

Глубины залегания полезных горизонтов и их мощности определялись по ранее разработанному способу [1, 6, 7] (рис. 1.1). При этом сигнал узконаправленной антенной направлялся в Землю под углом 1° . Глубина рассчитывалась по величине тангенса угла и расстоянием от генератора до известных границ контуров аномалий. Максимальная амплитуда приемного сигнала принималась над участком непосредственного попадания сигнала в аномалию (рис.1.2).

Углеводородные ловушки определялись по резкому изменению



Рис. 1.2. Изменение амплитуды сигнала приемника при резонансном возбуждении нефтяного участка на глубине. L- расстояние от места установки генератора до приемника сигналов



Рис. 1.3. Глубинная колонка в точке измерения (шт.Юта, США).
Общая мощность нефтяных пластов $N=h_1+h_2=70\text{м}$;
суммарная мощность нефтенасыщенных пород – 140м

глубин залеганий и увеличению мощностей пластов. С помощью данного способа отработаны: а) построение глубинных профилей с шагом измерения 150-200 м; б) приемы дистанционного построения глубинных колонок с детальными параметрами эффективных горизонтов при углах наклона антенны 2° , что позволило определить конкретные участки в коллекторе горизонта с подвижной (извлекаемой) нефтью (по максимальным амплитудам сигнала на конкретном интервале глубин).

Таким образом, получена возможность построения глубинных профилей (2Д) и глубинных колонок в точках, выбранных под бурение скважин. На глубинных колонках участка (рис.1.3) отмечены мощности полезных горизонтов с подвижной нефтью, из которых можно получить промышленные притоки в скважинах. При этом они значительно меньше мощности нефтенасыщенных пород коллектора.

Одними из важных параметров для оценки притоков в нефтяных скважинах является динамика миграции пластовых флюидов к нефтяному коллектору и пути их миграции к аномалии и от нее. Динамика миграции углеводородных флюидов определялась по амплитуде сигнала приемника, направление миграции – путем серии замеров (6-кратных) в одной точке. При этом антенна прибора устанавливалась под углом 15° и при каждом замере разворачивалась на угол 45° . Принималось, что максимальная амплитуда резонансного сигнала в точке измерения указывает на миграцию углеводородов по направлению к оператору, минимальная – на миграцию от оператора, совпадающую с направлением антенны прибора. Ошибка в определении направления миграции углеводородов может составлять $\pm 15-20^\circ$.

Эти данные важны при определении "разуплотненных" (трещиноватых) зон в породах, что позволяет затем осуществлять поиск нефтяных линз в этих зонах.

Пример определения и учета путей миграции углеводородов при выборе точек под бурение скважин на Татьянинском газоконденсатном месторождении показан на рис. 1.4. Видно, что максимальные притоки в газовых скважинах и в скважинах с газовым конденсатом можно получить, если скважины находятся в границах соответствующих "миграционных потоков флюидов" (в границах пористых пород коллекторов – песчаника среднезернистого) Это подтверждается притоками в пробуренных скважинах [4]. Затем это было подтверждено на всех выполненных работах.

Очевидно, зная границы пористых пород-коллекторов, можно правильно выбрать точки под бурение скважин для вскрытия углеводородного месторождения.

Полученные данные регистрации всех параметров с помощью дистанционной полевой аппаратуры позволяют рассчитать (экспресс-оценка) объемы извлекаемых запасов с ошибкой 30–40 %, а также существенно повысить результативность бурения (95–97%).

Экспресс-оценка пригодности для промышленной разработки участка залежи производится путем подсчета прогнозных запасов по известным формулам. Данные о площадях углеводородных аномалий берутся с карты района поиска. При этом в расчет берется только эффективная площадь аномалии, расположенная в той части геологической структуры, где пористость пород коллекторов составляет $>7\pm 10\%$. Этим достигается более реальный подсчет прогнозных за-

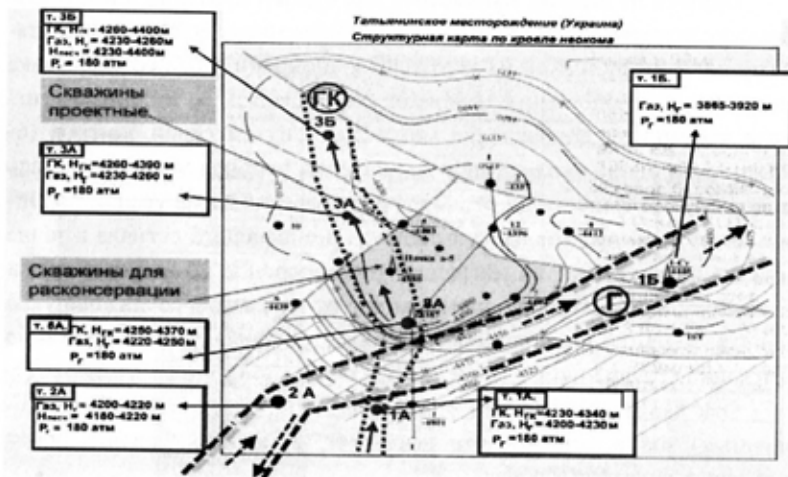


Рис.1.4. Татянинское газоконденсатное месторождение

Условные обозначения:

- направление миграции флюидов; - - - границы пористых пород коллекторов ($>7\pm 10\%$);
- ⬆ промышленные скважины (1-Сг, 3-ГК, 8Ф-ГК).

пасов углеводородов в аномалиях. Глубину залегания продуктивных горизонтов (нефтяных пластов) определяют по глубинным срезам и глубинным колонкам каждого горизонта. Остальные поправочные коэффициенты усредняются в зависимости от того, какие типы нефтегазоносных пород идентифицированы в коллекторах. При наличии гео-

логических данных (кернов), полученных на ближайших площадях к обследуемому району, значительно упрощается экспресс-оценка запасов залежей, так как данные о нефтенасыщенности коллекторов становятся более достоверными.

Способ дистанционного поиска с использованием аппаратуры комплекса "Поиск" можно применять в комплексе с геофизическими и другими способами разведки и выявления нефтенасыщенных коллекторов, например, с геоэлектрическими методами "прямых" поисков [1, 6, 7] или сейсмикой.

Результаты экспертизы скважин на Татянинском газоконденсатном месторождении показаны на рис.1.4. Доказано, что в «ловушке» имеются зоны повышенной пористости пород коллекторов (в виде 2-х «потоков» на разных глубинах). Скважины, пробуренные в этих зонах повышенной миграции газа – дают промышленные притоки газа, а остальные не имеют промышленного значения.

Несколько работ выполнено с совместным использованием двух комплексов – дистанционной аппаратуры "Поиск" и геоэлектрической



Рис.1.5. Контуры геоэлектрических аномалий АТЗ и границы газопроницаемых «каналов» на топографической карте участка горного отвода угольной шахты им.А.Ф.Засядько [17]

аппаратуры Института прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии (ИППЭГГ НАН Украины) (Украина – газ, газовый конденсат (шахта Новокопачинская); газ, нефть – шахтное поле угольной шахты им. А.Ф.Засядько (рис.1.5); Монголия – нефть, газ (блок X South Torhom) [6, 7].

Выполненные работы показали большую перспективу поисковых работ при комплексировании двух способов дистанционного поиска, разработанных НАН Украины, СНУЭИП и традиционного поиска [8].

Работы, выполненные при обследовании 5-ти участков блока Брантас (Индонезия) подтвердили, что углеводородные аномалии могут занимать не всю площадь перспективной геологической структуры (которую хорошо идентифицирует сейсмика), а лишь ту ее часть, в которой породы коллекторов имеют высокую пористость (>10÷12%). Это подтвердили 16-ть неуспешных (пустых) буровых скважин, выполненных ранее Заказчиком в углеводородных ловушках (по данным сейсмики) и 3-и успешные буровые скважины (2-е нефтяные и одна газовая), выполненные в аномалиях с породами коллекторов порис-

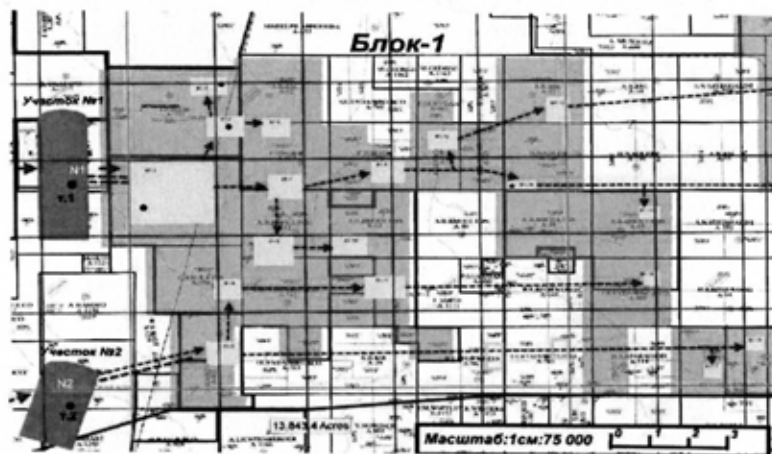


Рис.1.6. Границы выявленных нефтяных и газовых аномалий на сланцевом участке блока №1 штат Техас (США)

тостью 15-25%. Это позволило, на основании результатов измерений с применением полевой аппаратуры дистанционного комплекса «Поиск», получить новые данные по выбору точек под бурение скважин

на участках суши и шельфе, а также выполнить подсчет прогнозных запасов нефти и газа.

Заслуживают внимания работы по исследованию особенностей залегания сланцевого газа на участке (>120 км²) в штате Техас (США) (рис.1.6).

Данное исследование показало, что скопление сланцевого газа происходит только по пористым (разломным) зонам и имеет миграцию газа к сланцам от крупных газовых месторождений с большим давлением газа (рис.1.6).

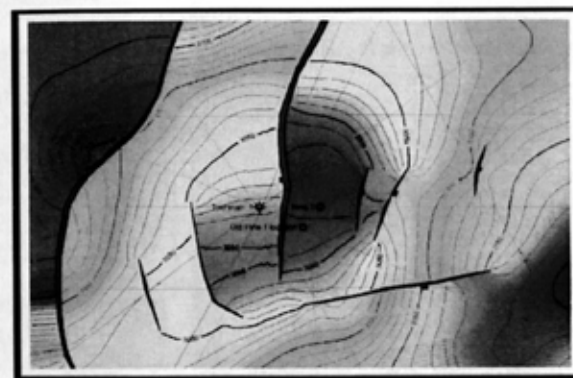


Рис.1.7. Нефтегазовая аномалия на участке Pel 105 с указанием скважины Пирри-1 (Австралия)

Результаты работ были подтверждены бурением скважины в выявленной аномалии, которая вскрыла газовую залежь на глубине 3,5 км с давлением газа 620 кг/см² (65 МПа) в т.1.

Выполненные работы в 2013 году с помощью дистанционной аппаратуры «Поиск» на участке Купер PEL-105 (Австралия) (рис.1.7) по исследованию участка и нефтегазовой ловушки (выявлена по результатам сейсмики) позволили подсказать, что выявленная нефтегазовая аномалия и ловушка являются неперспективными для промышленной разработки, т.к. породы коллекторов в 3-х горизонтах (в 2-х газ и в одном - нефть) имеют низкую пористость (5-7%). Было предложено Заказчику отказаться от запланированного бурения скважины «Пирри-1». Однако Заказчиком была пробурена скважина «Пирри-1» в точке, выбранной по результатам сейсмики (в УВ-ловушке), в которой геологами прогнозировались высокие объемы запасов нефти и газа. Результаты бурения подтвердили низкую пористость пород-коллекторов (~7%), что не позволяет получить промышленные объемы нефти и га-

за. Скважина была закрыта, Заказчик понес финансовые потери ~10млн. дол. США (рис.1.7).

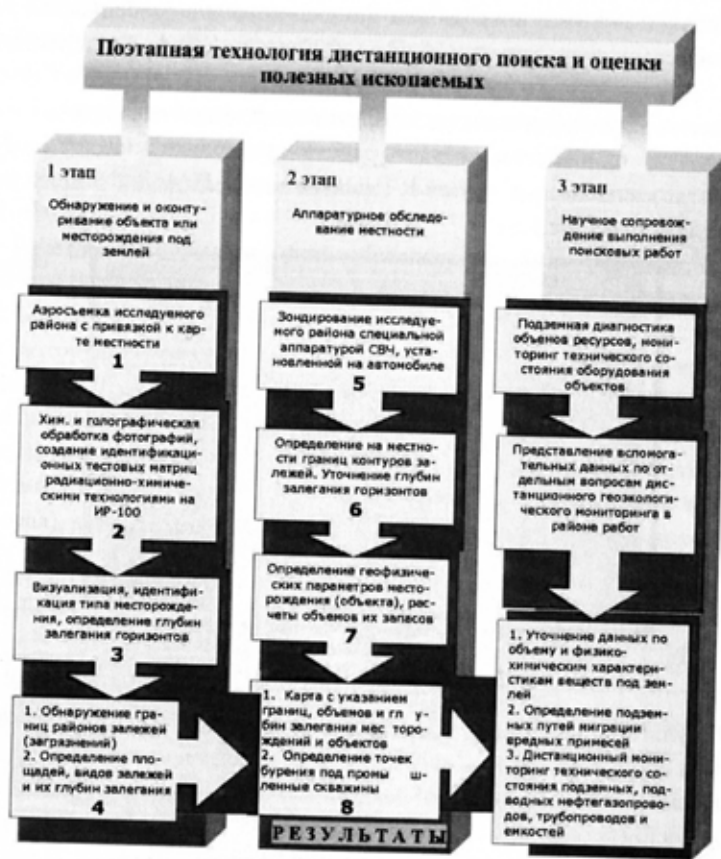


Рис.1.8. Поэтапная технология дистанционного поиска и оценки прогнозируемых запасов полезных ископаемых и питьевых вод.

Перечисленные исследования углеводородных аномалий подтверждают высокую результативность геолого-прогнозных работ с применением средств ДЗЗ и полевой аппаратуры дистанционного резонансно-тестового комплекса «Поиск».

Ниже приводится поэтапная технология дистанционного поиска (рис.1.8) и элементы технологии (рис.1.9), (рис.1.10), (рис.1.11).



Рис.1.9. Проведение космической фоторазведки и расшифровка фотоснимков.



Рис.1.10. Запись спектров на тестовые и рабочие матрицы.



Рис.1.11. Полевые работы и обработка результатов.

1.6. Выводы

1. Опытные и практические поисковые работы, выполненные с помощью полевой аппаратуры дистанционного комплекса "Поиск", подтверждают ее высокую результативность для дистанционной идентификации, оконтуривания и получения первичных геологических и геофизических характеристик коллекторов, необходимых для экспресс-оценки пригодности к промышленному освоению выявленных залежей углеводородов или выбору точек под размещение буровых скважин с гарантированным притоком углеводородов.
2. Возможность определения полевой аппаратурой важных геологических характеристик залегания углеводородных горизонтов (глубина, мощность, давление газа, температура, направление миграции флюидов, тип пород-коллекторов и их пористость) существенно облегчает принятие решения о дальнейшем проведении детальных исследований выявленных участков с помощью традиционных геофизических методов, а также для выбора точек под буровые поисковые скважины.
3. Комплексование аэрокосмических, традиционных методов и предложенного метода поиска углеводородов может существенно снизить финансовые риски поисковых буровых работ, особенно на

больших глубинах, что создает коммерческую привлекательность нефтегазоразведки.

4. Результаты исследований газовых скоплений под угольными пластами позволяют определить дополнительные меры по обеспечению газовой безопасности шахт, исключая объемные взрывы.

Литература к главе I:

1. Пухлий В.А., Пухлий Ж.А., Ковалев Н.И. и др. Ядерно-магнитный резонанс. Теория и приложения. – Севастополь, 2010. – 610 с.
2. Ковалев Н.И., Филимонова Т.А., Гох В.А. и др. Оценка возможностей использования дистанционных технологий поиска полезных ископаемых при освоении углеводородных ресурсов на шельфах. Оптика атмосферы и океана (Материалы III Всерос. конф. "Добыча, подготовка, транспортировка нефти и газа", г. Томск, 20–24 сент. 2004 г.). – Томск: Ин-т оптики атмосферы СО РАН, 2004. – С. 67–70.
3. Акт испытания аппаратуры комплекса "Поиск" на 6 известных скважинах в Феодосийской зоне. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2007.
4. Отчет по испытанию комплекса "Поиск" на Татьянинском газоконденсатном месторождении. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2006.
5. Ковалев Н.И., Гох В.А., Солдатова С.В. и др. Использование дистанционного геолографического комплекса "Поиск" для обнаружения и оконтуривания углеводородных месторождений. Геоинформатика. – 2009. – № 3. – С. 83–87.
6. Ковалев Н.И., Солдатова С.В., Иващенко П.Н. и др. Опыт практического использования аппаратуры комплекса «Поиск» по определению границ нефтегазоносных участков и выбор точек под бурение скважин. Геоинформатика, 2010 г., №4, стр. 46–51.
7. Ковалев Н.И., Солдатова С.В., Иващенко П.Н. и др. Исследование особенностей залегания газовых залежей в сланцевых породах с применением аппаратуры дистанционного комплекса «Поиск». Геоинформатика, 2011 г., №3.
8. Ковалев Н.И., Пухлий В.А., Солдатова С.В. О механизме образования объемных взрывов и детонации углеводородных газов в угольных шахтах, Сборник Международной Научно-практической конференции, 31 января 2014 г., г.Уфа, стр.153–162.
9. Антипенко В.А. Металлы в нефтях. Нефтехимия. – 1999. - № 6.
10. Шнюков Е.Ф., Гожик П.Ф. Ванадий и никель в природной нефти Азии, Африки, Европы и Америки. Докл. НАН Украины.-2007.-№3.

11. Ковалев Н.И. и др. Пат. Украины, №35122 от 26.08.2008 г. Способ поиска залежей полезных ископаемых; №55916 от 27.12.2010 г.; №62840 от 12.09.2011 г.; №62841 от 12.09.2011 г.; №62841 от 12.09.2011 г.; №67648 от 27.02.2012 г.; №67649 от 27.02.2012 г.
12. Гох В.А., Ковалев Н.И. и др. Пат. РФ, № 227-2305 от 20.03.06 г. "Способ разведки полезных ископаемых", Гох В.А. и др., Европейский патент (Швейцария) №2007A000247 от 28.05.2008 г.
13. Ковалев Н.И., Акимов А.М. и др. Использование дистанционного геофизического комплекса «Поиск» для обнаружения различных полезных ископаемых и определение путей миграции радионуклидов и токсичных веществ из хвостохранилищ предприятий ЯТЦ. Экология и атомная энергетика, 2009 г., №1, стр. 64-67.
14. Ковалев Н.И. Пат. Украины, №86496 от 25.12.2013 г. «Способ поиска месторождения полезных ископаемых по информационно-аналоговым фотоснимкам поверхности Земли».

ГЛАВА II. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛЕВОЙ АППАРАТУРЫ «ПОИСК» ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ПИТЬЕВЫХ И ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

2.1. Введение

Поиск и использование подземных пресных вод – одна из актуальных задач для стран, расположенных в засушливых регионах с пустынными и полупустынными почвами [12]. В питьевом водоснабжении населения в настоящее время все большее значение начинают приобретать подземные источники (на них основано водное хозяйство более 25% городов мира, в том числе крупных мегаполисов). Быстрыми темпами растет индустрия очистки слабоминерализованных вод и их бутилирование.

Обеспечение курортно-оздоровительных центров Крыма подземными пресными водами высокого качества и лечебными минерализованными водами из местных подземных источников является прибыльным бизнесом и позволяет быстро поднять эту область индустрии с минимальными затратами.

Использование термальных подземных вод для обеспечения горячего водоснабжения городов, туристических комплексов для их отопления и других хозяйственных нужд городов может существенно улучшить обеспечение санитарно-техническими нормами водообеспечения населения и отдыхающих, повысить привлекательность осенне-зимнего туристического периода. Кроме того, это ускорит развитие альтернативных источников энергии, что положительно скажется на экологии Крыма.

В СНУЯЭиП разработана универсальная аппаратура дистанционного резонансно-тестового способа поиска углеводородов, подземных питьевых и геотермальных вод (геологический комплекс «Поиск»). Данный комплекс успешно прошел апробацию во многих странах для дистанционного поиска скоплений подземных питьевых и геотермальных вод в засушливых регионах (Монголия, ОАЭ, Австралия), а также широко применяется при поиске геотермальных и питьевых вод в Крыму.

Многочисленные результаты, полученные Н.И.Ковалевым с сотрудниками СНУЯЭиП, при использовании аппаратуры для поиска подземных вод и других месторождений полезных ископаемых (нефть, газ, уголь, уран, золото, медь, молибден, цинк и др.), а также

подводных объектов изложены в целом ряде работ [4-6].

Научные основы функционирования измерительного комплекса «Поиск» на основе методов квантовой радиофизики изложены в ряде монографий В.А.Пухля, Ж.А.Пухлий и Н.И.Ковалева [1, 2, 7].

Таблица 2.1. Результаты поиска подземных питьевых вод дистанционным комплексом «Поиск».

№ п/п	Показатели	Мавритания (пустыня Сахара, г.Атар)	Кипр, г.Лимасол	Эфиопия (пустыня Данакиль)	Монголия (пустыня Гоби)	Украина (более 120 действующих скважин)
1	Координаты поиска дистанционным методом	Площадь 2500 км ²	Площадь 100 км ²	Площадь 1000 км ²	Площадь 800 км ²	1) г.Севастополь, 2) г.Симферополь,
2	Координаты поиска в полевых условиях	N20°32' E 13°02'30"	N 34°42'00" W 33°01'20"	N 114°09'00" E 40°18'05"	N 44°01'40" E 108°29'00"	1) более 100 скважин 2) более 20-ти скважин
3	Фактические координаты бурения скважин	совпадают	5 м западнее	2 м южнее	совпадают	совпадают с выбранными
4.1	Характеристики воды до бурения (прогнозные)					
A	Химические свойства: - pH - уровень минерализации - хлориды - сульфаты - прочие минералы - и т.д.	pH 7,0-8,0 питьевая в соответствии с ГОСТом	pH 6,5-7,0 питьевая в соответствии с ГОСТом	pH 6,5-7,5 пресная в соответствии с ГОСТом	pH 7,0-8,0 питьевая	pH 6,0-7,5 питьевая в соответствии с ГОСТом
B	Физические характеристики (до бурения): - глубина - дебит скважины - пластовое давление	глубина зав. 130-150 м 800 т/час самонезлив	глубина зав. 180-200 м 300 т/час самонезлив	глубина зав. 145-190 м 80 л/сек самонезлив	глубина зав. 270-320 м 15 т/час P = 25 атм	глубина зав. разная от 50 м до 150 м дебиты от 5 до 10 л/сек
4.2	Характеристики воды по результатам бурения:	- все характеристики удовлетворили Заказчиков и не вышли за рамки ГОСТа				
	Химические свойства (как в пункте 4.1 А)	pH = 7,5 Пресная питьевая в соответствии с ГОСТом	pH = 6,8 Пресная питьевая высокого качества CI = 20 мг/л Ca ⁺⁺ = 10 мг/л Mg = 45 мг/л	pH = 7,5 Пресная питьевая в соотв. с ГОСТом	pH = 7,3 Пресная питьевая, высокое качества CI = 12 мг/л Ca ⁺⁺ = 6,4 мг/л Mg = 35 мг/л	Пресная питьевая в соотв. с ГОСТом pH 7,2
B	Физические характеристики: - глубина - дебит скважины - пластовое давление	H ₁ = 125-150м 980 т/час Самонезлив	H = 195-205м 450 т/час Самонезлив	H = 150-190м 100 т/час Самонезлив	H = 275-320м 5,5 л/сек кажд.скв. (6 скв.) (-20 т/час) (1 скважина не имеет пром. притоков, коллектор-трещиноват. мел)	H = 50-150 м, отличается в пределах ±5-8 м. Дебит 6-8 л/сек каждой скважины (120 скв.) (2-е скважины не имеют пром. притоков, коллектор - жидкая глина)

Технические характеристики комплекса позволяют дистанционно определить следующие геологические параметры залегания подземных питьевых и геотермальных вод (до глубин 3000 м):

- глубины залегания водоносных горизонтов и границы контуров участков скоплений подземных вод;
- границы разломов, заполненных водой;
- направление миграции воды в горизонтальных потоках подземных вод;
- минерализация подземных вод (пресных, слабоминерализованных, маломинерализованных, среднеминерализованных, высокоминерализованных, рассолов и рапы);
- температуру подземных геотермальных пресных и соленых вод (до +250⁰C) с шагом измерения температуры +3÷5⁰C;
- участки образования пара под землей (кипение воды) направление миграции пара по горизонтальным и вертикальным разломам или трещиноватым породам.

На крупных участках территорий обследования (60 км×60км=3600 км²) идентификация скопления подземных вод предварительно выполняется с помощью геокосмических средств фоторазведки по расшифровке космических фотоснимков. Это позволяет выявить площади участков скопления подземных вод на крупных площадях (>3600 км²), залегающих на глубинах до 3000 м. Затем проводятся полевые работы по измерению необходимых характеристик залегания горизонтов подземных вод, их соленость, температура и направление движения. После чего выполняются буровые работы. Вероятность обнаружения подземных пресных, соленых и геотермальных вод по результатам практических работ составила свыше 95% (пробурено более 120 скважин в окрестностях г.Севастополя и г.Симферополя) [12].

Результативность поиска подземных питьевых вод дистанционным комплексом «Поиск» представлена в табл.2.1. Работы выполнялись в соответствии с Госпрограммами поиска питьевых вод в Монголии, Австралии, Мавритании (Африка), ОАЭ, а также в Крыму (по заказу коммерческих фирм и городских госадминистраций г.Севастополя, и г.Симферополя).

2.2. Исследование механизма образования подземных пресных и геотермальных вод вблизи магматических очагов потухших вулканов

Исследовательские и практические поисковые работы проводились специалистами СНУЭИП – в период с 2006 г по 2012 год Работы совмещались с поисками подземных пресных вод в различных странах (Монголия, Мавритания, Австралия, ОАЭ, Иран, Турция, Греция, Кипр, Россия).

При исследовании территорий южной и восточной части Крыма были установлены два крупных источника формирования (№2 и №3) подземных пресных и геотермальных вод вблизи магматических очагов и еще один вблизи г.Одесса (№1). Границы очагов показаны на

рис.2.1, 2.2, 2.3. Наиболее детально были изучены два магматических очага в Крыму (с подтверждением результатов дистанционного поиска воды – традиционным бурением с получением промышленных притоков в скважинах).

Было показано, что на высокотемпературную часть магматических очагов застывших вулканов [3, 11] поступают очень широкие потоки морской воды из Черного моря.

Морская вода дренируется по водопроницаемым породам и геологическим разломам с глубин моря 380÷400 м. Ширина потоков морской воды составляет от 7 км до 15 км. Длина потоков достигает нескольких километров, а иногда сотни километров (рис. 2.1) [12].

По мере движения потоки соленой воды постепенно углубляются и достигают высокотемпературной части магматических очагов на глубинах 970–1170 м от уровня моря (около 2 000 м от поверхности Земли). Вода здесь вскипает.

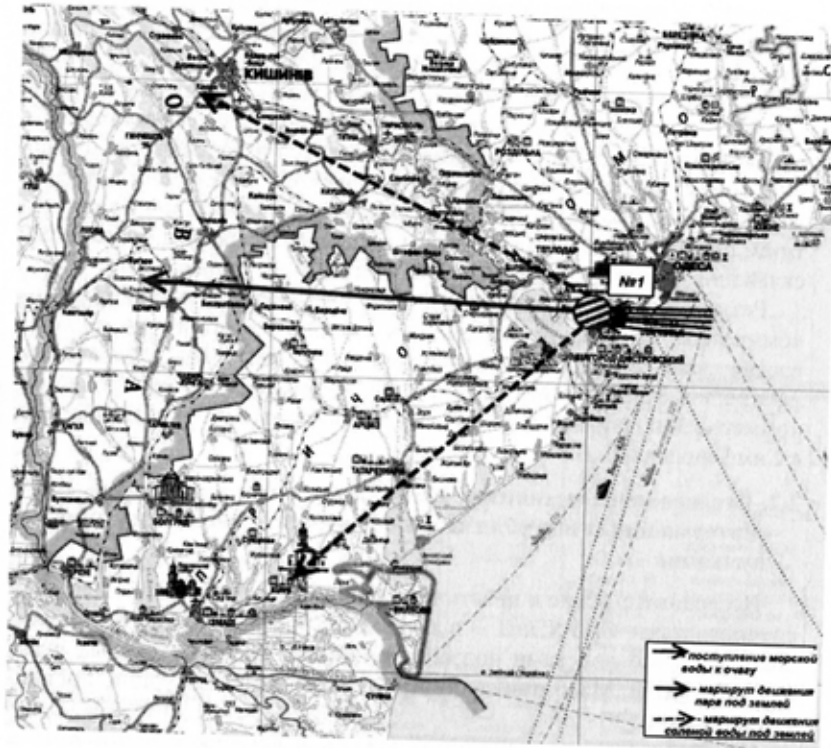


Рис.2.1. Карта крупного магматического очага №1 вблизи г.Одесса и пути движения под Землей, образовавшихся пара и геотермальных вод [12].

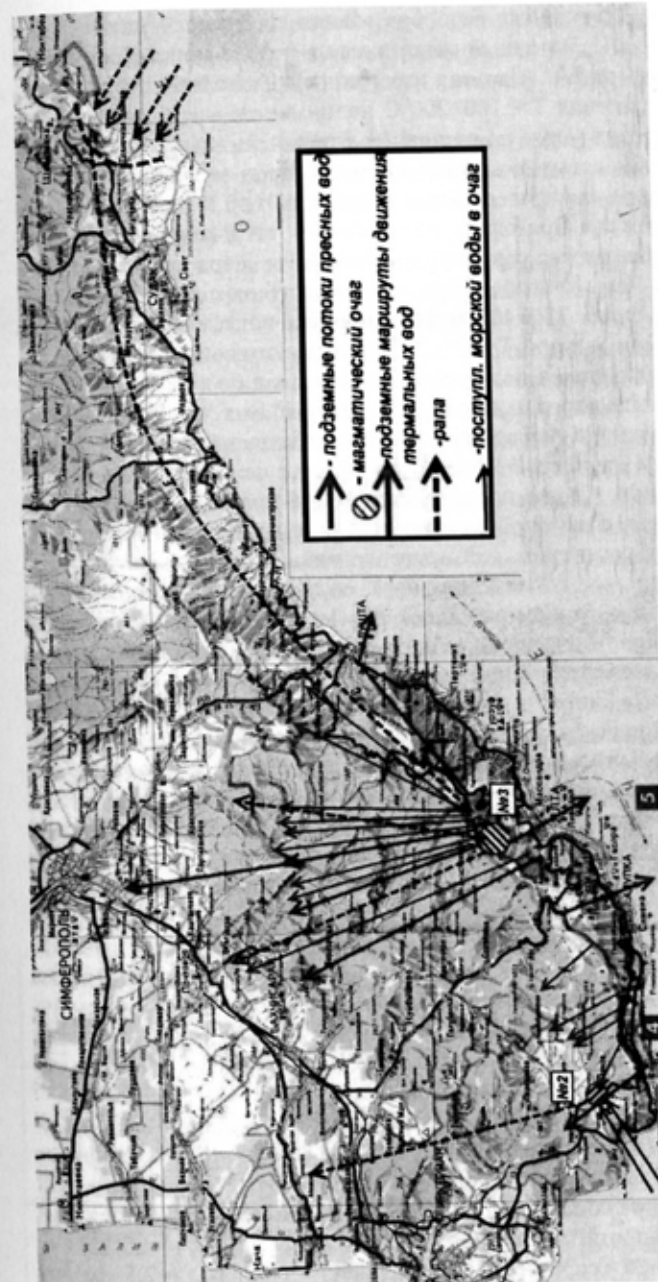


Рис.2.2. Карта выявленных очагов в Крыму №2 и №3, в которых осуществляется непрерывное кипение поступающих соленых вод, с образованием конденсата в Ай-Петринской Ясле (г.Ай-Петри) и пути движения подземных пресных геотермальных вод по территории Крыма [12].

Площади зоны подземного парообразования достигают в диаметре до 4÷8 км и более. Избыточный напор воды в потоке морской воды достигает ~ 30÷40 кг/см². Пар под избыточным давлением и с температурой в зоне кипения $T=+100\div 200^{\circ}\text{C}$ поднимается вверх по георазломам (выше уровня моря) на различные глубины, в зависимости от залегания трещиноватых водопроницаемых пород (трещиноватые известняки, карсты, крупнозернистые песчаники и др.), где охлаждается и конденсируется. Примерно на глубинах от поверхности земли 930÷1100 м образуются горячие геотермальные озера пресной воды с $T_{\text{н}}=56\div 86^{\circ}\text{C}$. Избыточный напор на этих глубинах достигает 12÷15 кг/см². На глубинах 380÷400 м формируются подземные озера пресной воды с температурой $T=+25\div 30^{\circ}\text{C}$ и незначительным напором. По мере движения потоков подземных пресных вод по георазломам или по трещиноватым породам они охлаждаются до их температуры [12].

Наличие участка парообразования подтверждено бурением 2-х скважин в Ай-Петринской Яйле (H = 1000 м, в центре участка и у северной границы). Керны представляли собой породы из трещиноватых известняков с высокой влажностью и температурой более 90⁰C. Буровые работы выполнены «Крымгеологией».

Установлено, что конденсация пара, образованного в очагах №2 и №3, происходит в горном районе (в Ай-Петринской Яйле), а в крупном магматическом очаге №1 (вблизи г.Одесса) пар, не встречая горных хребтов, движется по проницаемым породам или по крупным георазломам на глубинах ~1,0 км до Карпатских гор, в которых происходит подъем пара по георазломам и его интенсивная конденсация. Здесь и образуются многочисленные подземные «озера». Из этих озер формируются потоки подземных вод, расходящихся от подножья гор в разные стороны на глубинах более 140 м. Самый крупный поток проходит восточнее г.Золычев, а затем пересекает территорию Украины и выклинивается в Ладожское озеро на территории России [12].

Подземные потоки пресных вод Крыма, сформированные в подземных озерах Ай-Петринской Яйлы, расходятся также в разные стороны по георазломам. Эти потоки пересекают территорию Крыма (200÷300 км), а затем впадают в Черное и Азовское моря на различных глубинах (от 180 м и до 400 м) и удаленных от берега 1÷15 км. Практически вблизи всех крымских городов проходят подземные потоки пресных вод высокого качества [12].

Выклиники крупных потоков подземных пресных вод в Черном море подтверждены исследованиями академика НАН Украины Шнюкова Е.Ф. (с помощью глубоководного аппарата «Омар»). Ширина их при выклиниках в море составляла от 100 м до 60÷80 м, а мощности горизонтов потоков достигали от 20 м до 40 м.

По отдельным георазломам на больших глубинах (2÷2,5 км) от очагов кипения морской воды фиксируются потоки соленых горячих

вод с температурой более 95⁰C (рапа). Потоки подземных геотермальных пресных вод в Крыму подтверждены в 3 потоках бурением 4 скважин (на глубинах 980÷1100 м), а питьевых вод бурением более 80 скважин.

Аналогичный механизм формирования подземных пресных вод [12] обнаружен на территории России (северная часть – магматические очаги №15-Р, №16-Р и на Дальнем Востоке – магматический очаг №17-Р) – Таблица 2.2.

Однако пар в очагах №15-Р и №16-Р конденсируется на незначительных расстояниях от зоны парообразования из-за очень холодных пород.

В пустынях конденсация пара происходит в близлежащих возвышенностях или в трещиноватых породах (карсты, известняки), но на глубинах 250÷320 м (Мавритания, Иран и др. страны).

Во всех случаях потоки подземных вод либо сбрасываются снова через несколько сот и даже тысяч километров в моря и океаны (Россия, Монголия, Китай) на определенных глубинах и расстояниях от береговой линии или выклиниваются в озера [12]. Как правило, в этих местах отмечаются повышенные уловы морских и пресноводных рыб.

От магматического очага №15-Р (Коми, Россия) крупный поток подземных питьевых вод подпитывает (выклинивается) Онежское озеро, а затем проходит западнее Москвы (ведется с него добыча питьевой воды с H=280÷300 м высокого качества), затем питает Валдайскую возвышенность, где берут начало крупные реки Волга, Зап.Двина, Днепр. Этот, подземный поток пресных вод высокого качества еще продолжает идти в южном направлении и выклинивается на северо-западе Азовского моря на глубинах 4÷5 м [12]. К этой зоне сброса пресных вод в Азовском море стремятся на нерест многие морские и пресноводные рыбы, которых в Азовском море более 50 видов.

Таблица 2.2. Результаты исследования источников образования подземных вод вблизи магматических очагов потухших вулканов [12].

№ п/п	Номер обследуемого магматического очага и его месторождение	Результаты измерения геологических характеристик залегающим обнаруженным подземным вод			Наличие скважин в потоках пресных вод	Состав пресных вод по результатам бурения
		соленые	геотермальные	пресные		
1	2	3	4	5	6	7
1	№1, вблизи г.Одесса (Украина)	1.Ширина потока >10 км, забор воды из Черного моря. 2.Мощность горизонта $\Delta h=130$ м	1. Поток пара – ширина – 4 км, простирается до Карпатских гор. 2.Мощность парового горизонта $\Delta h_{\text{п}}=150$ м	Множество потоков в районе Карпатских гор, максимальный поток шириной 4 км достигает Ладожского озера	Восточнее г.Золычев (Украина) (>10 скв.)	Питьевые, без очистки
2	№2, Крым (Украина) у п.Орлиное	2. Ширина по-тока – 5 км, забор воды из Черного моря. 3. Мощности горизонта $\Delta h=100$ м	1.Крупный поток геотерм. пресн. вод из Айпетринской Яйлы (зап.часть). 2. $\Delta h = 80$ м. $H_{\text{г}}=1000$ м	Многочисленные мелкие потоки пресных вод на глубине H=380-400 м. 2. Мощности горизонта 45-60 м	>15 скв. пресных вод на глубинах до 400 м 2.скв. ге-отерм. пресных вод	Питьевые без очистки, геотермальные пресные – без очистки.

(продолжение табл. 2.2)

1	2	3	4	5	6	7
3	№3, Крым (Украина)	1. Ширина потока ~ 7 км, забор из Черного моря 2. Мощ. горизонта $\Delta h=60$ м	1. Многочислен геотерм. пресн. воды на глуб. $H=980-1100$ м 2. Геотерм. солен. воды на глуб. $H=2500$ м	Многочислен. потоки пресных вод на глубине $H=380-450$ м 2. мощ. горизонта $\Delta h=20+50$ м	>80 скв. пресн. вод и 4 скв. геотерм. вод 1 скв. – геотерм. вода	Питьевые и геотермальные ($T=+86^{\circ}\text{C}$) пресные, без очистки, Соленые $T=+52^{\circ}\text{C}$ на расстоянии 70 км от очага
4	№4-А, зап. часть вблизи г. Джералдтон, Австралия	2. Ширина потока ~ 5 км, забор воды из Индийского океана, 3. Мощиность горизонта $\Delta h=80$ м	1. Геотерм. соленые воды на глубинах $H=2000$ м	1. Три потока по геологическим трещинам, впадают в океан на севере, юге и западе Австралии 2. Шир. потоков от 200 м до 20 м, глубина залег. $H=120-140$ м	4 скв. пресных вод	Питьевые, без очистки
5	№5-Б, зап. часть Бразилии	1. Ширина потока >12 км, забор воды из Тих. океана	1. Геотерм. солен. потоки глубина залегания $H=2300$ м	Многоч. потоки пресных вод на глубинах $H=160$ м	Нет данных	
6	№6-М, юго-зап. часть Мавритании (Африка)	1. Ширина потока >3 км, забор воды из Атл. океана	1. Геотермальные соленые воды на глубине $H=2000$ м	Пресная вода 3-потока, глубины залегания $H=70-128$ м	1 скв., пресн. вод, самоизлив	Питьевые, без очистки
7	№7-Н, центр. часть Намибии (Африка)	1. Ширина потока >10 км, забор воды из Атл. океана.	Геотермальные соленые воды на $H=2300$ м	Многочислен. потоки пресн. вод, гл. зал. $H=180$ м	Нет данных	
8	№8-Е, север. часть Египта (Африка)	1. Ширина потока >8 км, забор воды из Сред. моря	Геотермальные соленые воды на $H=2500$ м	Многочислен. потоки пресн. вод, на глуб. зал. $H=200$ м	>10 скв. пресных вод	Питьевые, без очистки
9	№9-МЗ, север. часть Мозамбик (Африка)	1. Шир. потока >10 км, забор воды из Мозамб. пролива (Инд. океан)	Геотермальные соленые воды на гл. $H=2300$ м	Многочислен. потоки пресн. вод, глуб. зал. $H=150$ м	Нет данных	
10	№10-И, юго-вост. часть Испании (Европа)	1. Ширина потока >7 км, забор воды из Сред. моря	Геотермальные соленые воды на $H=2500$ м	Многочислен. потоки пресн. вод, 5-ть крупных на глуб. $H=180$ м	1. Известные 6 скваж. пресн. вод, 2,3-и скв. засолен. вод	Питьевые, без очистки Засоленные потоки с сол. солей $>1,5$ г/л
11	№11-МК, юго-вост. Часть Македонии (Европа)	1. Ширина потока >8 км, забор из Сред. моря	Геотермальные соленые воды на $H=2500$ м	Крупный поток на глуб. залегания $H=440-470$ м крупные потоки пересекают Турцию и Иран ($H=120-180$ м)	$\Sigma 20$ скв. пресных вод на территориях Турции и Ирана	Питьевые без очистки
12	№12-С, Сирия (Аравийский п-ов)	1. Ширина потока >10 км, забор воды из Сред. моря	Геотермальные соленые воды на $H=2000$ м	Многочисленные потоки на глуб. залегания $H=100+160$ м	>50 скв. пресн. вод	Питьевые без очистки
13	№13-И, юг Ирана	1. Ширина потока >8 км, забор воды из Персидского залива	Геотермальные соленые воды на $H_1=2000$ м и $H_2=3000$ м	Крупные потоки пресных вод на глубинах $H=280-350$ м	>5 скважин (на тер. ОАЭ, завод по бутылкованию и очистке от H_2S)	Питьевые с очисткой от H_2S
14	№14-И, север Ирана (Ср. Азия)	1. Ширина потока >12 км, забор воды из Касп. моря	Геотермальные соленые воды на $H=2000$ м	3-и потока пресных вод на глубинах $180-240$ м	>20 скв. пресных вод на тер. Ирана	Питьевые без очистки
15	№15-Р, северо-зап. часть России (Колма)	1. Ширина потока >8 км, забор воды из Баренцева моря	Несколько потоков сол. вод $H=2500$ м	Многочислен. потоки пресных $H=230$ м крупный поток доходит до Азовского моря (через Алдай)	Известно 4-с скв. пресных вод	Питьевые
16	№16-Р, северная часть России (Якутия)	1. Ширина потока >10 км, забор воды из моря Лаптевых	Несколько потоков сол. вод $H=2400$ м	Несколько потоков пресн. вод $H_1=270-320$ м	Нет данных	

(продолжение табл. 2.2)

1	2	3	4	5	6	7
17	№17-Р, Дальний Восток (Россия)	1. Ширина потока >10 км, забор воды из Охотского моря	Несколько потоков геотермальных соленых вод $H=2500$ м	1. Многочислен. потоки и один крупный выклинивается в оз. Байкал 2. Глубина залегания пресных вод $300-370$ м	>100 скв. пресных вод в Монголии, на глубинах от 160 м до 320 м (пробурены в пе рiod работ 6 скв. пресных вод в Южной Гоби)	Питьевая, без очистки

Нет смысла доказывать какую серьезную экологическую угрозу будут представлять для рыб потоки подземных пресных вод, впадающих в озера или моря, если они окажутся загрязнены токсичными веществами или засолены за счет нарушения технологии проведения поисковых буровых работ.

Подобный механизм образования подземных вод в магматических очагах потухших вулканов подтвержден в остальных 11-ти обследованных магматических очагах (рис.2.3), расположенных на территории Южной Америки, Африки, Европы, Аравийского полуострова и в Австралии [12]. Во всех случаях подземные питьевые воды, образованные в магматических очагах, оказались высокого качества, пригодные для питья и для бутылирования.

В магматический очаг №6-М (Мавритания), расположенный на побережье Атлантического океана, морская вода поступает по подземному потоку на расстояние нескольких сот километров от него, затем в очаге испаряется, а пар поступает по разломам на сотни километров (350+370 км) и конденсируется на пересечении границ 3-х государств: Мавритании, Алжира и Мали. Здесь образуются подземные озера, из которых подземные потоки пресных вод расходятся в трех направлениях (на юг, на восток и на юго-запад). Один поток выклинивается снова в Атлантический океан, а два других – в Средиземное море, преодолев расстояние >2000 км [12].

В магматический очаг №11 М-К (Македония) морская вода поступает из Средиземного моря, а сформированный подземный поток пресных вод проходит под дном Средиземного моря и пересекает глубоко под грунтом территории трех стран: Турции, Ирана и Пакистана, а затем выклинивается в Аравийское море на глубине 150 м [12].

В магматический очаг №14-И (север Ирана) морская вода поступает из Каспийского моря (Туркменистан) шириной потока более 12 км, а сформированные пресные воды двумя потоками в южном направлении пересекают по пористым породам территорию Ирана и выклинивается в Аравийское море, а один поток движется в северном направлении, который пересекает по подземным породам территории Ирана, Туркменистана, Узбекистана и выклинивается в Аральское море [12].