

Рис.2.3. Карта подземных потоков морской воды, поступающих к магматическим очагам [12].

В магматический очаг №17-Р (Дальний Восток, Россия) морская вода поступает из Охотского моря по подземному потоку шириной более 10 км. Сформированный крупный подземный поток перемещает пресные воды на запад, пересекает Читинскую область и выклинивается в оз.Байкал на глубине 300÷370 м. От данного потока в южном направлении ответвляется еще два потока, один из этих потоков (западный) пересекает под Землей территории Забайкалья (Россия), Монголии (в т.ч. южное Гоби) и Китая, а затем выклинивается в Южно-Китайское море. Второй поток (восточный) пересекает под землей территорию Китая и выклинивается в Желтое море [12].

По пути движения крупных потоков пресных вод происходит их разветвление на более мелкие, чем обеспечивается подземными водами значительные площади. Но если загрязнить техногенными токсичными веществами основной поток, то практически огромная территория может оказаться с загрязненными подземными водами (в Греции из 5-ти потоков пресных вод – три засолены при проведении нефтегазоразведки).

Это требует не только рационального использования подземных пресных вод крупных потоков, но и разработку международных документов, регламентирующих защиту этих потоков вод высокого качества от техногенных загрязнений, а также от засолений при проведении разведочного бурения на больших глубинах.

Исходя из результатов проведенных экспериментальных работ [8-10] и теоретических исследований [1, 2, 7] можно обосновать следующий механизм образования подземных пресных вод высокого качества вблизи магматических очагов потухших вулканов [3, 11] за счет испарения морской воды поступающей к очагу, с последующей конденсацией пара в охлажденных трещиноватых породах [12].

Из образованных озер пресные воды истекают по залегающим породам (по георазломам) на большие расстояния и выклиниваются снова в моря, океаны или озера. Геологические характеристики залегания выявленных подземных пресных и соленых вод, их качественные показатели представлены в таблице 2.1. Данные подтверждены бурением скважин и отбором проб.

Принципиальная схема механизма образования подземных пресных вод вблизи магматических очагов вулканов приведена на рис.2.4.

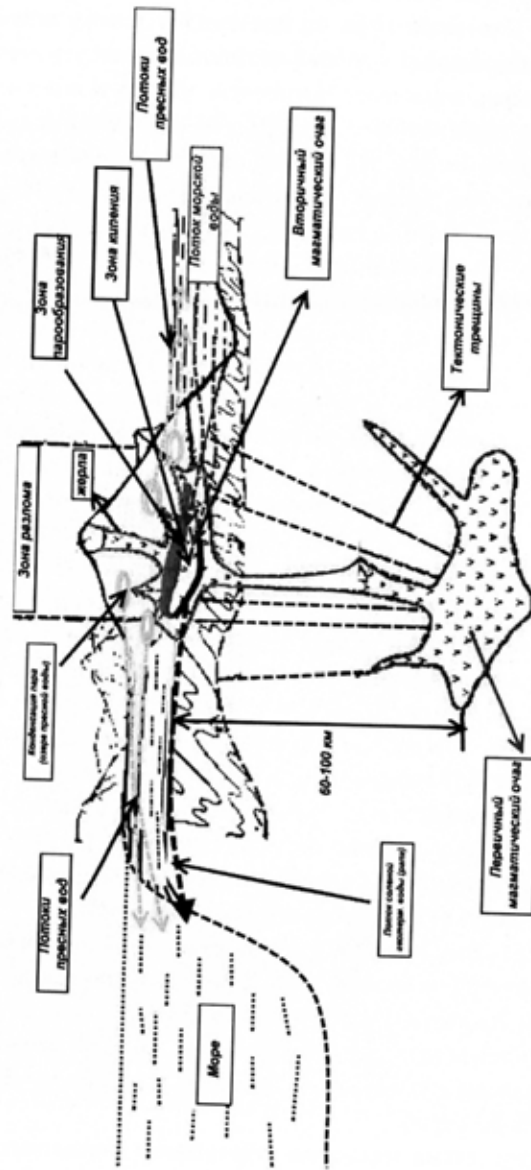


Рис.2.4. Принципиальная схема механизма образования подземных пресных вод вблизи магматических очагов вулканов.

2.3. Использование термальных подземных вод в крымских городах для обеспечения горячего водоснабжения и хозяйственных нужд

В 2010 году специалистами СНУЯЭиП выполнены ряд работ по исследованию потоков подземных геотермальных вод на территории Крыма. Установленные потенциальные ресурсы подземных геотермальных вод Крыма составляют 27 млн м³/сутки.

Геотермальные воды широко используются в различных странах мира, особенно в предгорных районах и в районах с активной вулканической деятельностью. Наиболее развита структура использования геотермальных ресурсов используются в Норвегии, Исландии, Германии, Японии, США, Коста-Рики и других странах. Имеются государственные программы освоения геотермальных ресурсов в Австралии, Монголии, Китае, России. В Украине наиболее широко используются геотермальные воды в предгорьях Карпат, более слабо – в Крыму (пос.Пятихатка, п.Медведовка, пос.Донузлав, пос.Генгорка). Основным сдерживающим фактором более широкого использования геотермальных вод в Крыму – является дороговизна бурения на большие глубины (от 950÷2500 м) и сложное обустройство скважин с соленой геотермальной водой [12].

Исходя из разведанных запасов геотермальных вод в Крыму имеется возможность построения 2-х тепловых электростанций с отбором вод с глубины 4000 м, а также существует разработанный проект по использованию геотермальных ресурсов для нужд г.Херсон (геотермальные воды поступают с Крымского полуострова) [12].

Исследования последних лет показывают, что геотермальные ресурсы могут использоваться во многих крымских городах – г.Симферополе, г.Ялте, г.Севастополе, г.Инкермане, г.Балаклаве, г.Алупке, г.Алуште, п.Донузлав. Наиболее детально была исследована территория охватывающая г.Севастополь, г.Инкерман, г.Балаклаву [12].

Установлено, что практически через все жилые районы г.Севастополя и г.Инкермана проходят крупные подземные потоки геотермальных пресных вод на глубинах от 950 м до 1150 метров (рис.2.5). температура геотермальных вод составляет +78÷85°С [12].

Вблизи г.Симферополя температура геотермальных вод уменьшается до +56°С (пробурены две поисковые скважины). Направление движения потоков подземных геотермальных вод по территории Крыма в виде расходящихся вееров от Ай-Петринской яйлы, проходящих по всей территории Крыма и выклинивающихся снова в Черное море на глубинах от 240 до 600 м (рис.2.2).

Состав геотермальных вод на глубинах до 1200 м – пресные, слабominерализованные, пригодные для утилизации (для питья), с

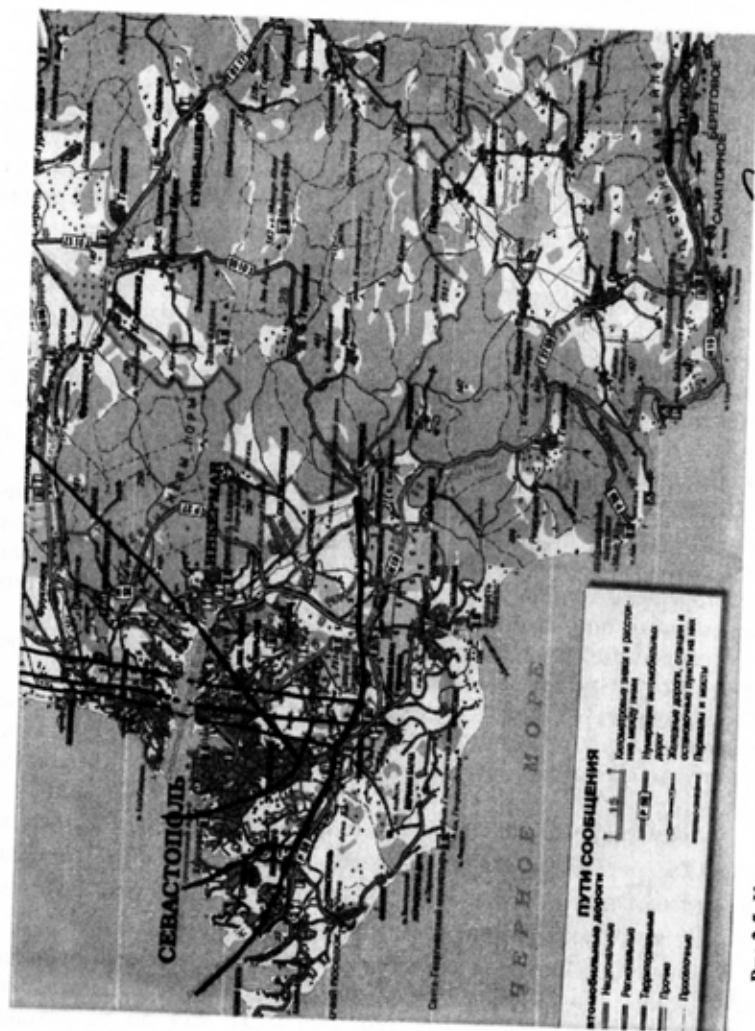


Рис.2.5. Карта-схема границ потоков подземной геотермальной воды под г. Севастополем

избыточным напором, что обеспечивает из самоизлив. На глубинах более 2000 м геотермальные воды соленые (рапа) (табл. 2.1).

Наличие геотермальных вод питьевого качества объясняется механизмом их образования вблизи очагов двух затухших вулканов (указывалось в разделе 2.2) и обеспечивается их возобновление [12]. Использование этих геотермальных вод особенно привлекательно в городах курортных зон, т.к. не будет происходить засоление почв при утечках этих вод из городских канализационных и тепловых систем, обеспечивающих теплоснабжение важных городских объектов, лечебно-профилактических центров, школ, административных зданий и т.д. Значительные возобновляемые ресурсы незасоленных геотермальных подземных вод Крыма позволяют их использование в теплоснабжении и затем передачу отработанных вод для обогрева теплиц, бассейнов и водноспортивных комплексов.

Использование геотермальных вод позволяет сократить значительное количество котельных в городских и хозяйственных учреждениях. За счет этого возможно значительно улучшить экологическую безопасность в городах и существенно снизить финансовые затраты на получение горячей воды в течение всего года [12].

Расчеты показывают, что окупаемость проекта по использованию геотермальных вод на обеспечение города горячим водоснабжением и отоплением составляет около 1 года, т.к. не требуется замены существующих городских коммунальных систем [12]. При эксплуатации термальных скважин отсутствуют вредные газовые выбросы. Практически каждая термальная скважина может использоваться для бутилирования питьевых вод без их дополнительного нагрева с целью ее обеззараживания. Температурный режим и химические характеристики геотермальных вод Крыма позволяют использовать их также в системах агропромышленной и курортно-оздоровительной сфере.

В Крыму уже имеются примеры использования геотермальных подземных вод:

- 1) В п.Медведевка (Джанкойский район) тепловая энергия одной скважины используется для отопления школы и детского сада.
- 2) Для обеспечения круглогодичного использования геотермальной энергии создан проект технологического комплекса поселка Янтарное, в котором геотермальная вода используется:

- для теплоснабжения жилых домов;
- для функционирования лечебного и спортивно-оздоровительного центра;
- для функционирования тепличного комплекса и комплекса по переработке и хранения продукции (сушка, копчение, консервирование овощных продуктов; рыбных и мясных).

Обоснован и предложен авторским коллективом СНУЯЭиП под руководством к.т.н. Ковалевым Н.И. инвестиционный проект по ис-

пользованию термальных подземных вод для обеспечения горячего водоснабжения, отопления и других хозяйственных нужд г.Севастополя и г.Инкермана.

2.4. Выводы

1. Проведенные исследования с помощью геокосмических средств поиска подземных вод и аппаратуры резонансно-тестового дистанционного комплекса «Поиск» [1, 2, 7] позволили установить один из механизмов природного образования подземных питьевых и геотермальных вод вблизи магматических очагов потухших вулканов, расположенных на побережье морей и океанов. Механизм образования этих вод состоит в том, что морская вода по тектоническим трещинам разломам и трещиноватым породам поступает к вторичному магматическому очагу на глубины 2000 м, где она вскипает. Образованный пар под давлением поступает по тектоническим трещинам к более верхним охлажденным водопроницаемым породам (на глубинах 400÷1000 м), конденсируются и образует подземные озера из которых затем истекают по георазломам потоки пресной воды. Из нижней части зоны парообразования по тектоническим трещинам истекает соленая геотермальная вода на глубинах 2000÷2500 м от поверхности земли.
2. Данные источники образования подземных пресных вод следует внести в общий баланс круговорота воды на планете и отнести к устойчивым, возобновляемым ресурсам пресных вод, которые могут активно использоваться для сельскохозяйственных нужд и в качестве источников питьевого водоснабжения городов.
3. Необходимо использовать потенциалы подземных пресных вод Крыма в интересах обеспечения туристических и лечебно-оздоровительных комплексов и для водообеспечения городов.

Литература к главе II

1. Пухлий В.А., Пухлий Ж.А., Ковалев Н.И. Применение дистанционного геологического комплекса зондирования Земли «Поиск» для прямого определения углеводородных и полиметаллических месторождений, а также подземных вод. – В кн.: Ядерный магнитный резонанс. Теория и приложения. Учебн. пособие. – Севастополь: Изд-во «Черкасский ЦНТЭИ», 2010, с.610-640.
2. Пухлий В.А., Пухлий Ж.А., Ковалев Н.И. Применение дистанционного комплекса зондирования Земли «Поиск» для поиска и разведки полезных ископаемых. – В кн.: Резонансы в физике. Теория и приложения в технике. Учебн. пособие. – Севастополь: Изд-во «Черкасский ЦНТЭИ», 2012, с.437-456.

3. Гарун Тазиев. Вулканы. Пер. с франц. – Москва: Изд-во иностранной литературы. 1963. – 118 с.
4. Ковалев Н.И., Гох В.А., Акимов А.М. и др. Использование геологического комплекса «Поиск» для обнаружения различных полезных ископаемых и определение путей миграции радионуклидов и токсичных веществ из хвостохранилищ предприятий ЯТЦ – Экология и атомная энергетика, вып.1, 2009, с.64-67.
5. Ковалев Н.И., Гох В.А., Солдатова С.В. и др. Использование дистанционного геологического комплекса «Поиск» для обнаружения и оконтуривания углеводородных месторождений. – Геоинформатика, №3, 2009, с.83-87.
6. Ковалев Н.И. Алсын удирдлагын аргаар ашигт маоималын хайгуул хийх ажлын ур дунгийн унэлгээ. – Mongolian university of science and technology. Scientific transaction, №4/106. – Ulanbaatar, 2009, p.187-192.
7. Пухлий В.А., Пухлий Ж.А. Ковалев Н.И. Лазеры: Теория и приложения. Учебн. пособие. – Севастополь: Изд-во «Черкасский ЦНТЭИ», 2008. – 532.
8. Ковалев Н.И., Акимов А.М., Черкашин И.А. и др. Дистанционное определение контуров развития подземных пресных вод в Шинэ-Усны-Гоби на территории Мондах Сомона Дорногобийского аймака Монголии. – Отчет НИР «Гоби», СНУЭИП, г.Севастополь, 2008, с.65.
9. Ковалев Н.И., Гох В.А. и др. Обнаружение и оценка запасов подземных питьевых вод на северо-востоке территории ОАЭ методом ЯМР. – Отчет НИР «Поиск-1/ОАЭ», СНУЭИП, г.Севастополь, 2011, с.45.
10. Ковалев Н.И., Акимов А.Н. и др. Исследование и оценка запасов подземных питьевых вод в Гагаринском районе г.Севастополя с помощью дистанционных средств поиска. – Отчет НИР «Вода», СНУЭИП, г.Севастополь, 2012 г. – 42 с.
11. Вулканы Керченско-Таманской области. Атлас. Под ред. Е.Ф.Шнюкова. – Киев: Наукова думка, 1986. – 149 с.
12. Ковалев Н.И., Гох В.А., Пухлий В.А. О механизме образования подземных пресных вод вблизи магматических очагов потухших вулканов и использование его для захоронения жидких отходов. – В сб.: Научные труды СНУЭИП, вып.2(46), 2013, с.111-124.
13. Ковалев Н.И., Пухлий В.А., Солдатова С.В. и др. Исследование механизма образования подземных пресных вод вблизи магматических очагов затухших вулканов с применением аппаратуры дистанционного резонансно-тестового комплекса «Поиск». Труды международного семинара от 08.02.2013 г. «Экология и космос», г. Санкт-Петербург, ВКА им. А.Ф. Можайского, 2014 г, с.73-185.

ГЛАВА III. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛЕВОЙ ДИСТАНЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОБЪЕМНЫХ ВЗРЫВОВ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

3.1. Введение

Проблема безопасности на метаноопасных шахтах является очень актуальной. Ежегодно на угольных предприятиях от взрывов газов гибнут горняки, останавливаются работы по добыче угля на длительное время, наносятся значительные материальные ущербы.

В связи с добычей энергетических углей на больших глубинах участились случаи объемных взрывов газа с гибелью большого числа горняков и разрушением шахтного оборудования (Украина, Россия). Несмотря на то, что на предприятиях принимаются серьезные меры по комплексной дегазации шахт, внедряются более совершенные системы по предупреждению взрывов, объемные взрывы не прекращаются. Анализ аварий на угольных шахтах Украины выполненный под руководством член-корреспондента АГН Украины, д.г.н. Е.Руднева [1] показывает, что основными причинами являются (из анализа 46-ти аварий):

1. Взрывы с гибелью людей из-за внезапного поступления в выработку больших объемов метана и тяжелых углеводородов (40 аварий), либо гибель людей от травм и удушья газом (6 аварий).

Работы, выполненные специалистами СНУЯЭиП показали, что это может происходить: а) Вследствие мгновенного вскрытия участков с высоким давлением газа под угольными пластами в период разработки пластов (угольные пласты перед разработкой шпуруются, в них объемов газа с большими давлениями находиться не может). Причем, все взрывы не были инициированы искрой, а происходило самовоспламенение газовой смеси, а затем объемные взрывы и детонация.

б) Вследствие наличия очень сложной и разнообразной тектоники – первичной (классическая) и вторичной (гравитационная) по всей площади шахтного поля, по которой возможны поступления газа с высокими давлением и температурой с больших глубин (>1,5÷3,0 км).

в) Вследствие поступления углеводородных газов с больших глубин, в смеси которых находятся метан и более тяжелые углеводороды, которые могут привести к самовоспламенению и взрыву смеси при

мгновенном попадании ее в воздушную зону выработки даже при концентрациях метана намного ниже 5%.

Рассматриваются вопросы самовоспламенения, объемного взрыва и детонации углеводородных газовых смесей в угольных шахтах. Излагается способ обнаружения участков скоплений углеводородных газов с высоким давлением (>100 кг/см²), залегающих под угольными пластами. Сделаны выводы о причинах объемных взрывов. Предлагаются превентивные меры по предотвращению объемных взрывов в угольных шахтах.

3.1. Цели и задачи исследований

Основными задачами исследования являются:

- Проверка эффективности аппаратуры дистанционного геофизического комплекса «Поиск» по обнаружению скоплений газа, расположенных под угольными пластами и в геологических разломах, характеризующиеся большими величинами давления (> 10 КГс/см²) и залегающие на глубинах до 3000 м.
- Определение путей миграции газа с больших глубин или от источников, расположенных за границами шахтных полей (шахта им.А.Ф.Засядько – Украина, 2008; шахта Ерунаковская – VIII, – ОАО ОУК «Южжубасуголь», (2009 г.); шахты – Заречная, Октябрьская, Сибирская, Лорысневская (2011 г, Россия).
- Поиск и оконтуривание источников газа с высокими величинами давления и температуры, расположенных под угольными пластами и за границей шахтных полей;
- Измерение полевой дистанционной аппаратурой «Поиск» [8] величин давления газа и температуры в геологических разломах и в участках скоплений углеводородных газов, а также мощностей газовых горизонтов, расположенных под угольными пластами.
- Определение причин объемных взрывов газа и предложений по предотвращению объемных взрывов газа в шахтах добывающих энергетические ценные угли на больших глубинах.

3.2. Методы исследования

В работе использовались следующие методы исследований.

1. Для оперативного выполнения поставленных задач использовались методы дистанционной космогеологической разведки и полевая резонансно-тестовая аппаратура дистанционного геофизического

комплекса зондирования недр «Поиск» (разработка СНУЯЭиП) [8]. Аппаратура позволяет дистанционно обнаруживать источники газовых скоплений на глубинах до 5-ти километров, оконтуривать их и определять направление миграции газа, количество газовых горизонтов, давление газа в каждом горизонте, а также идентифицировать типы пород газопроницаемых коллекторов.

Основанием для применения аппаратуры «Поиск» в этих целях послужили успешные работы по обнаружению газовых аномалий с высоким давлением газа в них, расположенных под рудными телами урановой шахты (шахта Новокопальская, Украина), исследование особенностей залегания газовых аномалий в сланцевых породах (штат Техас, США) и дистанционное обнаружение промышленных месторождений нефти и газа (Австралия, Индонезия, США, Россия, Украина, Монголия).

Работы выполнялись специалистами СНУЯЭиП совместно с коммерческими структурами, которые привлекались для обеспечения работ, а также с головным институтом Минтопэнерго Украины (УКРНИИ ПРОМТЕХНОЛОГИИ) и НИЦ института геологии Национальной академии наук Украины (НАНУ).

Об успешности этих работ свидетельствует заключение института геологии НАНУ о целесообразности использования аппаратуры дистанционного комплекса «Поиск» для выполнения поисково-геологических работ [9].

2. Использование разведочного бурения скважин для установления газовых скоплений, точного определения глубин залегания газовых горизонтов, величин давлений и температур газа в них. Эти работы выполнялись специалистами горно-геологических структур шахт или специализированными компаниями, привлекаемыми Заказчиками к проведению поискового бурения.

3. Электроразведка и другие традиционные геофизические способы поиска газовых аномалий или анализ имеемых геологических материалов на шахтах (выполнялись НИЦ института геологии НАНУ, г.Киев) для подтверждения (или сравнения) результатов дистанционного обнаружения газовых аномалий до начала поискового бурения.

4. Математическое моделирование процессов самовоспламенения, объемных взрывов и детонации газовых смесей и расчеты по установлению граничных условий самовоспламенения этих смесей с различными углеводородными газами в условиях, приближенных к

реальным условиям газовой обстановки в угольных шахтах. Выполнялись под руководством д.т.н., профессора СНУЯЭиП В.А.Пухля [2-7].

В период этой работы было обследовано шахтное поле угольной шахты им.Засядько (Украина) полевой резонансно-тестовой аппаратурой комплекса «Поиск» специалистами СНУЯЭиП (г.Севастополь) совместно с коммерческим предприятием МГСП (г.Донецк) и НИЦ ИГН НАНУ, а также 5 угольных шахт ОАО ОЦК «Южжубасуголь» (Кемеровская обл., Россия) – только специалистам СНУЯЭиП [10].



Рис.3.1. Контурные геозлектрических аномалий АТЗ и границы газопроницаемых «каналов» на топографической карте участка горного отвода угольной шахты им.А.Ф.Засядько [17].

Дистанционная идентификация (распознавание) газовых аномалий в недрах земли (до глубин 5 км) с помощью аппаратуры комплекса «Поиск» выполнялась с использованием резонансных явлений веществ при воздействии радиочастотных излучений на атомы элементов (ЯМР-спектроскопия), входящие в конкретный вид углеводородов (нефть, газ) и пород нефтегазоносных коллекторов [8]. Технология использования полевой аппаратуры изложена в главе I.

По результатам расшифровки космических фотоснимков с применением радиационно-химических технологий [16] определялись на этом фотоснимке границы контуров участков с углеводородными аномалиями. Данные границы уточнялись в полевых условиях с использованием мобильной аппаратуры и приемников GPS, затем наносились на карту района поиска.

Резонансно-тестовая полевая аппаратура позволяет рассчитать глубину залегания газовых горизонтов, их мощности, давление газа в них и определить направление и пути миграции газа.

3.3. Результаты исследований

При обследовании шахтного поля угольной шахты им.Засядько (рис.3.2) было установлено, что ее пересекают с запада на восток 3-и геологических разлома «канала» с повышенным давлением газа в них и один с севера на юг [17].

Вертикальные газопроницаемые участки («столбы») находились за пределами шахтного поля (за 1÷1,5 км до ее границы) и располагались на каждом из 3-х разломов («каналов»). По всем «каналам» происходила миграция газа с запада на восток, что обеспечивало определенное давление газа в каждом канале.

Ширина «каналов» составляла от 40 до 80 м. В каждом вертикальном «столбе» имелось по 4-е газопроницаемых горизонта, представляющих трещиноватый среднезернистый песчаник, залегающий в каждом канале на глубинах от 410 м до 1690 м. Мощности газоносных горизонтов составляли от 20 до 80 м, избыточное давление газа в горизонтах (в зависимости от глубин) составляли от 16 кгс/см² (верхний горизонт от 160 кгс/см² (нижний горизонт)). Газовые горизонты располагались под угольными пластами. Основной источник газа с высоким давлением находился за пределами шахтного поля (в 5-ти км от него). Газ от него к шахтному полю поступал на 3-ём разломе пересекающих шахтное поле. Причем распределение газа в «канале» под угольные пласты происходило от нижнего горизонта (1690 м) с высоким давлением газа (230 кгс/см²) к верхнему горизонту (16 кгс/см²) по общему газопроницаемому вертикальному участку «столбу» с глубины 1690 м до глубины 410 м (рис.3.2).

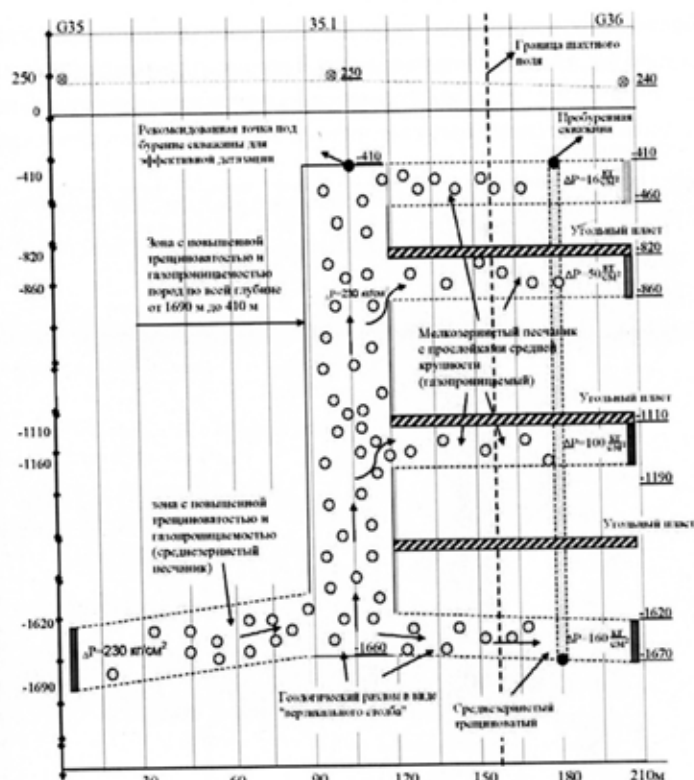


Рис.3.2. Глубинный разрез 035-036 газоносного канала в шахтном поле угольной шахты.

На расстоянии ~5 км западнее шахтного поля была выявлена крупная газоносная залежь (диаметром ~4 км) с давлением газа в ней 350 кгс/см², от которой брали своё начало «каналы» поступления газа под угольные пласты. По мере приближения к шахтному полю давление газа в газоносных коллекторах снижалось (дресселируется до 230 кгс/см²). Анализ мест аварий на шахте с взрывом метана (и гибелью людей) показал, что взрывы происходили при разработке угольных пластов над газоносными «каналами» (разломами) с высоким давлением газа в них (>50 кгс/см²).

Пробуренная скважина в северном газовом «канале-1» во всех 4-х горизонтах подтвердила наличие притоков природного углеводородного (а не «угольного») газа с соответствующими давлениями газа, значительно превышающих ($P_4 \geq 160$ кгс/см²) давления газа в угольных пластах (обычно 5-10 кгс/см²). Таким образом, данные дистанционно-

го определения параметров газовых «каналов» (коллекторов), глубины их залегания и давление газа в них были подтверждены бурением.

Следовательно, если пробурить дегазирующие скважины непосредственно в вертикальных газопроницаемых «столбах» или в «кана-

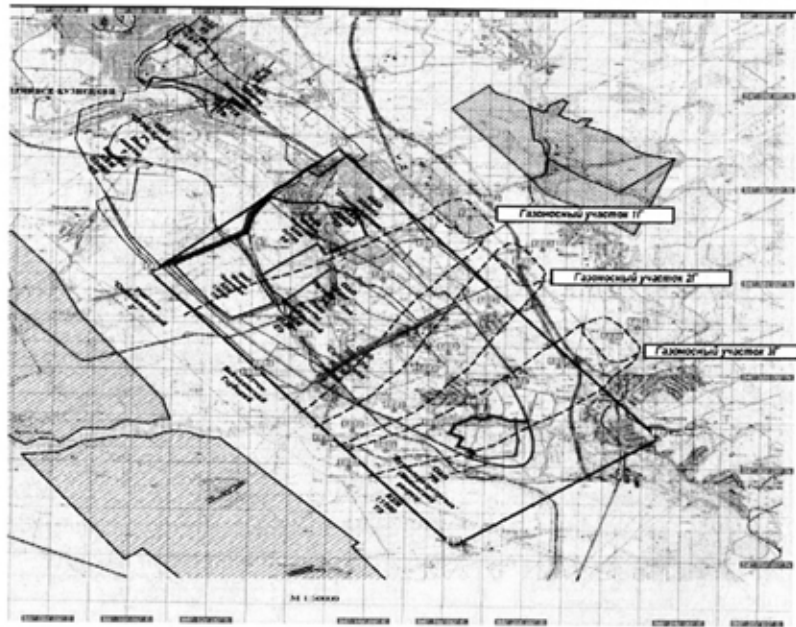


Рис.3.3. Границы выявленных аномалий газа на территории горных отводов угольных шахт Полысаевская, Заречная, Октябрьская и Сибирская ($F = 99 \text{ км}^2$).

лах», то это резко снизит общее давление подходящего газа к шахтному полю, а значит улучшится обстановка под угольными пластами по всему шахтному полю. Газ из такой скважины с промышленным притоком и давлением 160 кг/см^2 выгодно подключить для использования на технические нужды города, а не дегазировать его в окружающую среду. Аналогичная картина была выявлена на нескольких российских шахтах (рис.3.3, рис.3.4). Были даны рекомендации по бурению дегазационных скважин в газоносных «коллекторах» с высоким давлением газа, позволяющие значительно снизить газовую опасность на всем шахтном поле.

Выполненные аналогичные работы на 5-ти угольных шахтах России подтвердили подобную ситуацию по наличию нескольких «кана-

лов» поступления газа с высоким давлением газа $> 300 \text{ кг/см}^2$ под угольные пласты от источников, залегающих на больших глубинах и расположенных за пределами шахтных полей.

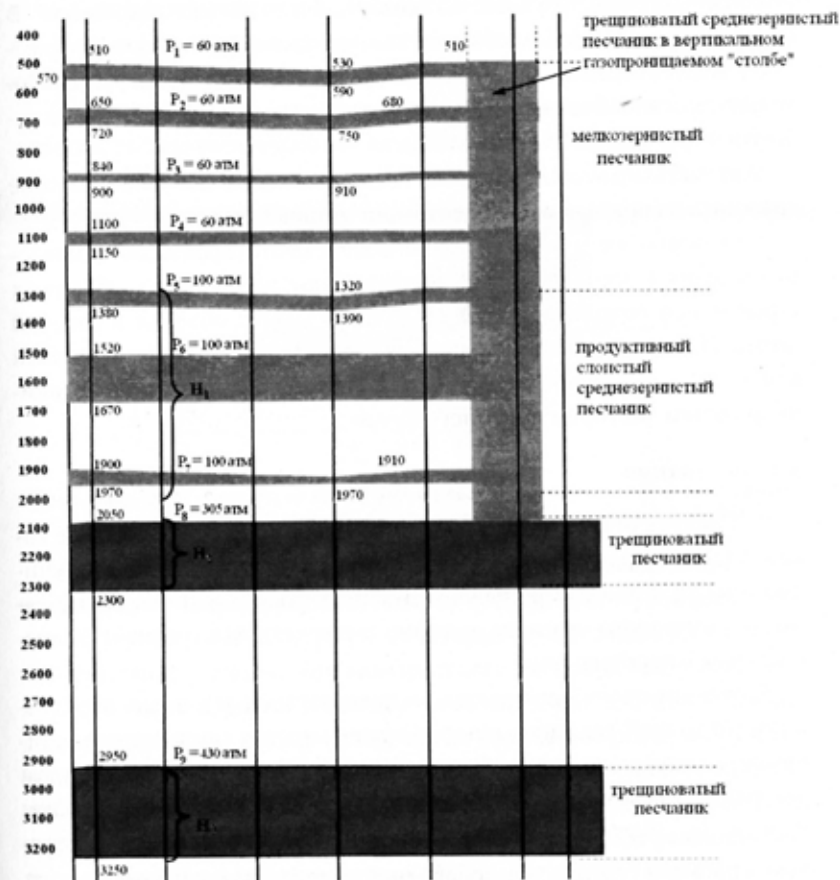


Рис.3.4. Глубинный профиль газового участка №2Г на шахтном поле (шахта «Заречная», Россия).

Высокие давления газа под угольными пластами регистрировались на глубинах $\geq 500 \text{ м}$. Скопления газа с высоким давлением ($> 50 \text{ кг/см}^2$) представляет большую опасность при проведении горных работ, т.к. при вскрытии угольных пластов вблизи таких скоплений происходит мгновенный выброс больших объемов газовой смеси в воздушно-кислородную среду штрека, где постоянно находится метано-

газовая смесь с концентрацией метана ниже допустимой нормы (<3+4%). За счет постоянного окисления газовой смеси с такой концентрацией метана в воздушной среде штрека, эта смесь имеет определенную степень готовности «возбуждения» к воспламенению. В момент вброса больших объемов газовой смеси с высоким содержанием метана происходит мгновенное самовоспламенение углеводородных газов и объемный их взрыв даже при концентрациях CH_4 в рабочем штреке менее 5%.

Автоматизированная система предупреждения не успевает даже сработать на повышение концентрации метана в смеси.

Результаты математического моделирования процессов самовоспламенения и взрывов также подтверждают возможность объемных взрывов при резком поступлении газа в больших объемах в рабочий штрек. При этом дополнительно может формироваться фронт ударной волны со скоростью >1000 м/сек, что является дополнительным инициирующим фактором объемного взрыва.

3.4. Детонация

Следует отметить, что распространение пламени и быстрое горение углеводородных смесей обуславливаются химическими реакциями, поддерживающими градиенты концентраций, а также процессами молекулярного переноса, которые заставляют эти градиенты перемещаться в пространстве.

В отличие от этих процессов, распространение детонации обуславливается волной давления, которая подпитывается химическими реакциями и сопутствующим выделением тепла. Характерным свойством детонации является скорость распространения детонационной волны порядка $v_{дет} \geq 1000$ м/с, которая гораздо больше скорости распространения пламени горения углеводородной смеси (обычно 0,5 м/с).

Скорость распространения детонационной волны $v_{дет}$, плотность ρ_* и давление p_* сгоревших газов вычисляется по теории Чепмена-Жуге [4]. Они зависят от давления p_0 и плотности несгоревших газов, от удельной теплоты реакции q и от величины γ , определяемой отношением теплоемкостей при постоянных объеме и давлении ($\gamma = C_p/C_v$)

Основные уравнения детонации Чепмена-Жуге:

$$v_{дет} = \sqrt{2(\gamma^2 - 1)q}; \quad \frac{\rho_*}{\rho_0} = \frac{\gamma + 1}{\gamma}; \quad \frac{p_*}{p_0} = 2(\gamma - 1) \frac{q\rho_0}{p_0}$$

Следует подчеркнуть, что вопрос о переходе от быстрого горения (дефлаграция) к детонации очень важен для многих практических приложений, в частности он весьма важен и для угольных шахт. Математическое моделирование позволяет анализировать такие процессы. На рис.3.5 показан переход к детонации в водородно-кислородной среде. Дефлаграция ускоряется и переходит в детонацию [18].

Следует отметить, что, как правило, детонационные волны не плоские, экспериментально наблюдается образование ячеистой структуры детонационного фронта.

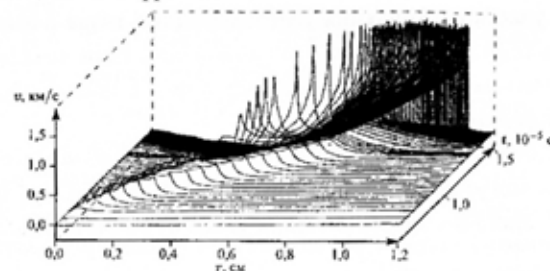


Рис.3.5. Профили скорости во время формирования детонационной волны в водородно-кислородной смеси $\text{H}_2\text{-O}_2$ при начальном давлении $p = 2$ кг/с/см² [18].

В заключение отметим, что для кинетического описания процессов горения даже такого простого топлива как водород (суммарная реакция $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$) требуется механизм, включающий около 40 элементарных реакций. Для кинетического описания процессов горения, тем более процессов самовоспламенения простейшего углеводородного топлива – метана (CH_4), общее количество реакций с учетом поверхностных реакций в химическом механизме включает несколько тысяч элементарных реакций. Все эти вопросы, а именно химическая кинетика, механизмы реакций, упрощение механизмов реакций и др. рассматривались в работах авторов [2-7].

3.5. Выводы

1. Под угольными пластами в зонах повышенной трещиноватости находятся участки скопления углеводородных газов, которые «мгновенно вскрываются» в момент удаления угольных пластов, при этом происходит мгновенный выброс газа с высокими давлениями и температурой в выработку с содержанием в воздухе кислорода и продуктов постоянного окисления метана, хотя его содержа-

ние ниже допустимой нормы ($2\div 3\%$), при которой происходит объемный взрыв.

2. Из-за поступления углеводородных газов с тяжелыми фракциями с высоким давлением и температурой происходит мгновенный выброс породы и самовоспламенение смеси при концентрации газа значительно ниже 5% с последующим объемным взрывом и детонаций. Если происходит поступление газа небольших объемов (из-за меньшего давления газа в горизонте), тогда объемного взрыва не происходит, но возможно отравление горняков газом.
3. Наличие участков скопления углеводородных газов с высоким давлением и температурой под угольными пластами создает условия мгновенного поступления газа в выработку с последующими объемными взрывами газа и детонацией.
4. Наиболее опасные (мгновенные) выбросы газа, объемные взрывы и детонация могут происходить при разработке угольных пластов на глубинах залегания энергетических углей от 500 м и более.

3.6. Рекомендации и предложения

1. Следует предусмотреть дополнительные мероприятия по обеспечению безопасности работ в угольных шахтах энергетических углей, особенно при их разработке на больших глубинах (>500 м).
2. Аппаратура комплекса «Поиск» может успешно использоваться для обнаружения участков скопления газа с высоким давлением и температурой под угольными пластами и в геологических разломах, обеспечивать выбор точек под бурение скважин для эффективной дегазации газа.
3. Наиболее эффективными мерами по предотвращению мгновенного поступления газа под высоким давлением могут быть своевременное выявление газа в разломах шахтных полей и их дегазация через пробуренные скважины, а также выявление вблизи шахтных полей газовых месторождений. Вблизи шахтных полей с энергетическими углями всегда присутствуют газовые месторождения, залегающие на больших глубинах соединенные разломами с угольными залежами. Перед разработкой угольных пластов на глубинах, близких к 500 м, необходимо вскрыть газовые месторождения вблизи угольных шахт для снижения давления в них и тем самым улучшения газовой опасности на шахтах.

Литература к главе III

1. Руднев Е. К вопросу борьбы с метаном на угольных шахтах Украины // Уголь Украины. – 2009, №1. с.40-46.
2. Пухлий В.А. Горение органической пыли в барабанном фильтре с учетом срабатывания взрывозащитной мембраны. – Химическая физика, РАН, 1997, том 16, №11, с.133-139.
3. Пухлий В.А. Исследование вторичных очагов пожара при взрыве органической пыли. – Физика горения и взрыва, РАН, 2000, том 36, №3, с.60-64.
4. Пухлий В.А. Термодинамика. Дополнительные главы. – Севастополь: Изд-во «Черкасский ЦНТЭИ», 2009. – 523 с.
5. Пухлий В.А., Ковалев Н.И., Софийский И.Ю. О некоторых проблемах химической кинетики в акватории Черного моря. – В сб.: Научные труды СНУЯЭиП, вып.2(38), 2011, с.137-144.
6. Пухлий В.А., Ковалев Н.И., Софийский И.Ю. Математическое моделирование процессов воспламенения и самовоспламенения углеводородов в химической кинетике. – В сб.: Научные труды СНУЯЭиП, вып.4(40), 2011, с.153-162.
7. Пухлий В.А., Ковалев Н.И. Механизмы и пути процессов горения углеводородов в химической кинетике. – В сб.: Научные труды СНУЯЭиП, вып.1(41), 2012, с.144-153.
8. Пухлий В.А., Пухлий Ж.А., Ковалев Н.И. Ядерно-магнитный резонанс. Теория и приложения. – Севастополь: Изд-во «Черкасский ЦНТЭИ», 2010. – 670 с.
9. Заключение на методику поиска и разведки полезных ископаемых аппаратурным комплексом ЯМР «Поиск». – Киев: НАНУ, 2009. – 18 с.
10. Ковалев Н.И., Филиппов Е.М., Солдатова С.В. «Опытно-методическое обеспечение дистанционного способа определения разломов угольного пласта в шахтном поле на шахтах ОАО ОУК «Южжубассуголь»». – Отчет о НИР: СНУЯЭиП.-Новокузнецк, 2009. – 60 с.
11. Белявский Г.А., Ковалев Н.И., Лаврентьева О.Н. Технология применения аппаратуры ЯМР для дистанционного обнаружения объектов под землей и под водой. – Доклад на 4 Международной конференции спасателей. НТСБ МЧС Украины.-Киев, 2003, с 32-35.
12. Ковалев Н.И., Гох В.А., Солдатова С.В. и др. Использование дистанционного геологического комплекса "Поиск" для обна-

- ружения и оконтуривания углеводородных месторождений // Геоинформатика. – 2009. – №3. – С. 83–87.
13. Бакай З.А., Иващенко П.Н., Ковалев Н.И. Способ поиска залежей полезных ископаемых // Пат. 35122 Украина. От 26.08.2008 г. – Киев: Укрпатент, 2008. – 4 с.
14. Пат. РФ, № 227-2305 от 20.03.06 г. Ки. Гох В.А., Акимов А.М., Ковалев Н.И., заявители и патентообладатели, "Способ разведки полезных ископаемых", заявка № 2004 132 154 от 05.11.2004 г., зарегистрирована в госреестре изобретений РФ 20.04.2006 г. Срок действия до 05.11.2024 г. – Москва: Роспатент, 2006. – 6 с.
15. Ковалев Н.И., Белявский Г.А., Филиппов Е.М., Солдатова С.В. и др. Определение аномалий природного газа в шахтном поле шахты Ерунаковская-8 – Отчет о НИР: СНУЯЭиП. – Новокузнецк, 2010. – 36 с.
16. Ковалев Н.И., Гох В.А., Котелянец И.И. и др. Выбор точек под бурение газоносных скважин газа с помощью дистанционной аппаратуры комплекса "Поиск" на шахтном поле угольной шахты Засядько – Отчет о НИР, ш. Засядько: СНУЯЭиП., ГГН. – Донецк, 2009. – 48 с.
17. Goyal G., Warnatz J., Maas U. Numerical studies of hot spot ignition in H_2-O_2 and CH_4 – air mixtures. – 23rd Symp. Comb.-Pittsburgh, 1990, p.1767-1776.

ГЛАВА IV. ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТУРЫ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПО КОМПЛЕКСНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКЕ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИХ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ И ЗАТОПЛЕННЫХ СУДОВ, БОЕПРИПАСОВ, ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

4.1. Введение

Экосистемы Азово-Черноморского бассейна давно уже требуют конкретных мероприятий и о приостановке опасных процессов загрязнения морских акваторий и их очистки с целью стабилизации естественных комплексов, которым угрожает реальная опасность деградации.

Главные факторы опасного ухудшения экологических условий морских вод региона являются (в порядке уменьшения):

- поступления больших объемов загрязняющих веществ с речными водами Дуная, Днестра, Днепра, Южного Буга, Кальмиуса, Дона, Кубани; загрязнения (воздушным и водным путем) от индустриальной деятельности и транспорта на прибрежной территории; сточные воды городов и населенных пунктов; загрязнения от всех видов морского транспорта;
- браконьерство; разведка и добыча подводных месторождений полезных ископаемых;
- военно-морская деятельность; природные катастрофические явления.

Протяженность Черноморско-Азовской морской береговой линии составляет более 2000 км, побережье находится в очень благоприятной для туризма и рекреации климатической зоне, имеет много прекрасных природных ландшафтов, заповедников, чудесных районов для отдыха и лечения, а также историко-культурных памятников. Это – один из самых перспективных районов развития мощной туристическо-рекреационной индустрии в Европе при условии приведения к нормальному экологическому состоянию прибрежных вод и улучшения инфраструктуры побережья.

Шельф Черного и Азовского морей богат месторождениями нефти, газа, газогидратов и перспективен для широкого развития подводной нефтегазодобывающей сферы, что неизбежно связано с большими экологическими рисками.

Бассейны Черного и Азовского морей – это зоны активного, развивающегося функционирования морского грузо-торгового, танкерного, пассажирского пароходства, и военных судов, а также рыболовства. Развитие пароходства без соблюдения экологических норм и правил превратило этот вид деятельности в серьезный негативный фактор воздействия на морские экосистемы. Количество видов рыб в Черном море резко уменьшилось (со 120 до менее десятка), резко уменьши-

лись уловы в Азовском море. Вследствие комплексного загрязнения морей и нерационального использования морских ресурсов Причерноморья только Украина ежегодно теряет около 0,5 млрд.\$.

Черное море имеет абсолютно специфические, единые в мире условия водообмена и литогидродинамики: очень ограниченный водообмен с другими морями при наличии обширного водосбора рек (почти 1/3 всего водостока Европы).

Около 87% объема Черного моря занимает вода, зараженная сероводородом (H_2S). В настоящее время верхний, обогащенный кислородом и не содержащий H_2S слой морских вод имеет мощность всего 150-120 м, а мощность обогащенного гидробактериями слоя составляет около 50 м. Подъем сероводородных масс воды на поверхность, который может быть вызван техногенными или природными причинами (глубоководная крупномасштабная промышленная или военная деятельность, землетрясения) грозит очень серьезной экологической катастрофой.

Специалисты считают, что сегодня зона шельфа Черного и Азовского морей – одна из самых загрязненных в мире. Основными загрязнителями являются Украина и страны вдоль нижнего течения реки Дуная. Самые грязные районы шельфа – это акватории портов (Севастополь, Ильичевск, Южный, Одесса, Новороссийск, Мариуполь, Таганрог, Бердянск, Варна, Бургас, Констанца, Трабзон) и приустьевые зоны рек Дуная, Днепра, Днестра, Южного Буга, Дона, Кубани, Кызыл-Ирмаха, а также Босфора (через Босфор проходит около 180 тыс. судов в год).

Наиболее обогащенной морепродуктами является северо-западная часть Черного моря (планктон, рыба, моллюски, водоросли), она же является и наиболее загрязненной. Всего 60 лет назад наиболее богатое в мире рыбными ресурсами внутреннее море – Азовское в настоящее время из-за техногенных загрязнений и браконьерства повторяет экологическую судьбу Арала, медленно умирая.

В последнее десятилетие еще одну серьезную экологическую опасность для подводных экосистем шельфовой зоны Причерноморья стал представлять такой вид подводной техногенной деятельности, как прокладка нефте- и газопроводов, прокладка оптико-волоконных линий связи, активная добыча морского песка и галечника.

В украинских территориальных водах дислоцируется более 480 военных и военно-вспомогательных судов, в российских территориальных водах – также несколько сотен. В последнее десятилетие значительно возросло количество турецких военных судов, дислоцирующихся в черноморских портах Турции (несколько сотен). Суда ВМФ этих государств, представляют один из очень сильных факторов экологического риска в акватории Черного моря (большие загрязнения в

зонах стоянок, заправок, маневров, гибель морских животных во время боевых учений, аварий).

В северной части Черного моря в 1943-1944 гг. было затоплено более 1000 якорных и более 200 донных мин, много военных судов. После первой мировой осталось около 3000 донных мин. В районах крупных портов побережья Украины и России во время Второй мировой войны было затоплено также большое количество снарядов, мин и торпед, в том числе с химическими отравляющими веществами (иприт, люизит). Определение точного местоположения и обезвреживания этих экологически чрезвычайно опасных объектов военной деятельности является очень важной, приоритетной задачей государственного и международного значения.

Районами наибольшей экологической опасности являются:

- места подводного захоронения боеприпасов, затопленные военные корабли;
- подводные свалки и районы затопления контейнеров с химическим оружием;
- подводные нефте- и газопроводы, участки добычи углеводородов;
- зоны боевых стрельб и учений ВМФ стран Причерноморья;
- зоны крупных выпусков промышленно-бытовых стоков;
- места наиболее интенсивного парохозяйства.

Поэтому предложенный проект государственной программы по комплексной экологической очистке прибрежных зон учеными Института Биологии Южных морей в соавторстве с учеными многих институтов и Министерства экологии и природных ресурсов Украины (2012 год) предусматривает выполнение на Черном и Азовском морях мероприятий поискового исследовательского и техногенного характера, направленных на утилизацию подводных объектов, которые представляют реальную техногенную и экологическую опасность для человека, морской среды, мореплавания и различным видам хозяйственной деятельности на море, на устранение очень негативных действий этих объектов на окружающую естественную среду.

Очистка дна от промышленных отходов и бытового мусора с целью реабилитации среды, возобновления биологического разнообразия, рыбохозяйственного и рекреационного потенциала этих акваторий существенно отразится на привлекательность курортно-оздоровительных комплексов, расположенных в Крыму.

Программа будет реализовываться в соответствии с традиционной методикой исследований, с использованием оригинальных разработок. Работы по ее выполнению должны проводиться на высоком технологическом уровне, с применением современных технологий поиска и обезвреживания затопленных экологически опасных объектов и технологий обработки информации, экологически безопасных методов очистки среды. Выполненные поисковые работы в соответствии с

Госпрограммой «Меганом» по обезвреживанию ХО (Заказчик – МЧС Украины) и удалению затопленных судов и боеприпасов (Заказчики – МЧС Украины и Минэкология Украины) подтверждают реальность мероприятий по выполнению Госпрограммы «Комплексной экологической очистке прибрежных зон Азовского и Черного морей с последующей их паспортизацией» [2,3,4]. Реализация программы рассчитана на период до 2025 года.

4.2. Очистка прибрежных акваторий от затопленных контейнеров с боевыми отравляющими веществами и судов с боеприпасами

Приоритетом Программы является экологическая очистка, возобновление прибрежного биоценоза, внедрения современных методов биологической санации среды с целью стабилизации функционирования экосистемы Азово-Черноморского бассейна.

Для достижения указанной цели необходимо решение следующих заданий:

1. Поиск, классификация и идентификация затонувших судов и кораблей, подводных объектов, которые представляют техногенную, экологическую опасность и взрывоопасность, мест свалок боеприпасов, боевых химических веществ, бытового и промышленного мусора, с применением магнитометров, гидроакустических, ядерно-магнитно-резонансных и химико-биологических методов. Обработка полученной информации. Описание объектов, что подлежат утилизации или экологической очистке (тип, размеры, количество, состояние, степень опасности). Определение порядка и срочности работы с объектами.
2. Разработка и описание технологий подъема, проектов подъема, в частности ОВОС, утилизация объектов, которые представляют техногенную и экологическую опасность.
3. Оценка состояний морских экосистем в районах предполагаемой очистки.
 - 3.1. Физико-географическое описание района выполнения работ.
 - 3.2. Описание термической и гидрохимической структуры, динамика вод.
 - 3.3. Оценка состояния загрязнения более глубоких вод и верхнего слоя донных осадков нефтепродуктами, тяжелыми металлами, хлороорганическими веществами, пестицидами, радионуклидами.
 - 3.4. Описание фито-, зоо-, ихтиопланктонных содружеств.
 - 3.5. Описание структуры, таксономического состава и состояние донных содружеств, а также состояния ихтиофауны.

4. Проведение комплексных экологических исследований в конкретных районах экологической очистки, в том числе:
 - 4.1. Выполнение полигональной гидроакустической съемки дна в выбранных районах.
 - 4.2. Визуальное обследование объектов с помощью дистанционного управляемого подводного телеработа, рабочими командами водолазов.
 - 4.3. Изучение термохимических характеристик морской воды на станциях от поверхности до дна.
 - 4.4. Измерение скорости и направления течений на станциях на разных горизонтах.
 - 4.5. Определение характеристик морской воды (кислород, окисление, биохимическое потребление кислорода – БПК₅, водородный показатель – рН, фосфаты, нитрит, нитраты, аммоний, кремний, азот валовой, фосфор валовой).
 - 4.6. Определение загрязняющих веществ (нефтепродуктов, фенолов и его производных, хлороорганических веществ, пестицидов, тяжелых металлов) и радионуклидов, взрывчатых веществ и различных предметов.
 - 4.7. Исследование состояния бактерио-, фито-, зоо-, ихтиопланктона.
 - 4.8. Исследование донных осадков на бактерио-, фито-, зообентос, нефтяных углеводородов, тяжелых металлов, полихлорвинилов, пестицидов, радионуклидов.
 - 4.9. Оценка состояния бентосных и планктонных содружеств в районах работ перед, во время и после проведения работ из очистки акваторий.
 - 4.10. Определение состояния ихтиоценов и разнообразие содружеств рыб.
 - 4.11. Проведение оценки рыбохозяйственной значимости акваторий.
 - 4.12. Оценка действия работ по очистке акватории на среду и биоту.
 - 4.13. Разработка рекомендаций из реабилитации экосистем.
 - 4.14. Расчет убытка, причиненного окружающей естественной среде и водным живым ресурсам.
5. Выполнение мероприятий по подъему, транспортировке и утилизации опасных подводных объектов или экологической очистке загрязненных почв.
6. Выполнение работ по оценке действия на окружающую естественную среду (ОВОС) при ликвидации подводных объектов повышенной опасности, или после экологической очистки загрязненных почв в конкретных морских акваториях.
7. Создание экологического паспорта акватории.

Изменения биологической структуры прибрежных вод в значительной мере связано со структурой и динамикой гидрофизических полей. Это обусловлено тем, что загрязнители, которые попадают в морскую среду, склонные к процессам диффузии, адвекций, вертикальных движений водных масс, волновых колебаний и вихревых возмущений, действия температурных и плотностных градиентов.

Поиск новых экспресс-методов и подходов к проблеме оценки экологического состояния морских акваторий, которые позволяют оперативно и адекватно реагировать на его изменения, приобретает чрезвычайную актуальность. В последние годы среди экспрессных методик приоритетными признаются оценки функционального состояния планктонных сообществ за кинетическими параметрами их свечения. При изучении пространственно-временной изменчивости морских экосистем распространения также приобрели методы исследования педагогических сообществ по характеристикам формируемых ими биолюминисцентных и акустических полей. В их основе лежат инструментальные измерения в реальном масштабе времени амплитудно-частотных и временных параметров биофизических характеристик, выявления пространственной связанности и корреляционных соотношений с биологическими и гидрофизическими параметрами водных масс.

Имеющиеся в ИнБЮМ заделы в методических разработках и в оснастке приборными комплексами для автоматизированного сбора и обработки информации, могут кардинальным образом способствовать выполнению предлагаемой темы.

Научной базой биологической санации среды с целью стабилизации функционирования экосистемы Азово-Черноморского бассейна есть концентрация «взаимодействия морских организмов и их сообществ с загрязнением как части общественного процесса трансформации вещества и передачи энергии в морской среде», разработанная Мироновым О.Г. (ИнБЮМ) в 70-х годах XX столетия. В основе концепции положено рассмотрение прибрежной экосистемы как сложного комплекса биотических и абиотических факторов, включая загрязнение. Отходы, которые попадают в морскую среду, вступают в сложные взаимодействия с морской биотой. С одной стороны, загрязнители негативно влияют на морские организмы и их сообщества, а из другой – гидробионты в процессе своей жизнедеятельности превращают их, разрушая к простым соединениям, осуществляя, таким образом, процесс самоочистки и формирования качества морской воды.

Наиболее активными агентами процесса самоочистки являются, в первую очередь, бентосные моллюски-фильтраторы. Не менее весомый вклад в процесс биотрансформации загрязнения вносят организмы перифитона и микроорганизмы, которые используют непосредственно нефть и нефтепродукты как основные источники углерода и

энергии. На основании этого были разработаны разные варианты систем гидробиологической очистки морской воды.

Данные системы в подвижном варианте могут быть использованы при подъеме объектов со дна моря и в стационарном варианте для оздоровления прибрежных акваторий. И в том, и в ином случае работа систем должна обеспечиваться экологическим сопровождением.

4.3. Выводы

1. Принятие долгосрочной Программы по комплексной экологической очистке акваторий Азово-Черноморского бассейна с последующей паспортизацией прибрежных зон и ее выполнение позволит реабилитировать среду и биоты шельфа, очистить прибрежные зоны от значительного количества затопленных объектов, представляющих экологическую опасность и взрывоопасность, что обеспечит дальнейшее развитие и становление мощной туристическо-рекреационной индустрии в России, Украине и в Европе [1].
2. Начатые важнейшие работы по очистке мелководной прибрежной акватории от контейнеров с боевыми отравляющими веществами, от затопленных боеприпасов и судов, а также восстановление трубопроводов канализационных выпусков в море, уже оказали положительное влияние на состояние окружающей среды [2,4,5].
3. Необходимо активизировать работы по очистке шельфовых зон с привлечением финансовой помощи от государств Черноморского региона (Украина, Румыния, Турция, Россия, Болгария и др. европейские страны).

Литература к главе IV

1. Белявский Г.А., Исаенко В.М., Ковалев Н.И., Никонов К.Д. Экологическая безопасность Азово-Черноморского шельфа // Экология и ресурсы, Рада национальной безопасности и обороны Украины, №17. – Киев, 2007, стр.20-30.
2. Болтачев О.Р., Субботин О.А., Миронов О.Г., Белявский Г.А., Рубцов Г.А., Ковалев Н.И. и др. «Проведение мероприятий по комплексной экологической очистке акваторий Азово-Черноморского бассейнов с их последующей паспортизацией», отчет НИР, НАН Украины, ИнБЮМ, предприятие «Ситалл», 2007 – 185 с.
3. Белявский Г.А., Ковалев Н.И. и др. Технология дистанционного метода поиска, классификации и ликвидации объектов под водой, которые представляют техногенную и экологическую опасность». Отчет НИР, предприятие «Ситалл», СНУЯЭиП. – Севастополь, 2008, – 51с.
4. Ковалев Н.И., Рубцов Г.А., Цебрик Н.Н. Поиск и обезвреживание затопленных объектов в Балаклавской и Мраморной бухте Черного

моря». Отчет НИР, Минприроды Украины. – Предприятие «Ситалл», СНУЯЭиП. – Севастополь, 2008. – 72 с.

5. Болтачев О.Р., Миронов О.Г., Субботин О.А., Белявский Г.А., Рубцов Г.А., Ковалев Н.И. «Проект Госпрограммы Украины по комплексной экологической очистке Азово-Черноморского бассейнов. – НАН Украины, Минприроды Украины, ИнБЮМ, предприятие «Ситалл», СНУЯЭиП. – Севастополь, 2007. – 101 с.

ГЛАВА V. ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСА «ПОИСК» ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ В ВОДНОЙ СРЕДЕ И РАЙОНИРОВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРУНТОВ

5.1. Введение

С целью сокращения финансовых средств при выполнении Государственной программы Украины «Поиск и обезвреживание затопленных контейнеров с боевыми ОВ в территориальных водах Украины» и «Программы комплексной экологической очистки прибрежных территории Азово-Черноморского бассейна от промышленных и бытовых отходов с паспортизацией акваторий» потребовались оперативные дистанционные способы обнаружения затопленных объектов, находящихся под слоем грунта. К объектам представляющих экологическую опасность в прибрежных водах Черного и Азовского морей относятся практические и боевые торпеды с остатками керосина, практические и испытательные ракеты с остатками топлива, мелкие и крупные плавсредства с остатками ГСМ и боеприпасами, морские мины, морские свалки боеприпасов, а также затопленные контейнеры с боевыми отравляющими веществами (объем контейнера 200 л). Для обнаружения таких объектов и их удаления (подъем и обезвреживание) необходимо обследовать крупные районы акваторий путем детального гальсирования плавсредств с гидроакустической и магнитоэлектрической поисковой аппаратурой. Основная проблема заключается в том, что радиотехнические средства не могут обнаружить мелкогабаритные объекты, находящиеся под слоем песка и ила толщиной более 0,5 м. Обследование водолазами донного грунта с помощью магнитных искателей и визуально имеет низкую эффективность из-за длительного обследования крупных районов, ограничения времени работы по гидрологическим характеристикам моря (низкая прозрачность, волнение моря, низкая температура воды в зимнее время, запреты на выходы в море плавсредств из-за штормов и т.д.).

Особую опасность представляют работы по подъему военных кораблей (морских транспортов и барж) с остатками боеприпасов, т.к. при подрыве таких средств в период боевых действий приводило к разбросу боеприпасов по трюмам или вблизи затонувшего плавсредства. Эти боеприпасы находятся под слоем ила и песка, что представ-

ляет опасность при выполнении подводных работ по резке корпуса и его подъему.

5.2. Постановка задачи

Анализ технических возможностей и существующих технических средств дистанционного обнаружения, затопленных объектов (гидролокаторы, радары, электромагнитные искатели, эхолотомеры) и опыт их применения показали их недостаточную эффективность для обнаружения под морским грунтом морских мин, торпед, ракет, контейнеров с боевыми отравляющими веществами. Дальнейшая разработка новых технических средств и оперативных способов поиска малых объектов должна основываться на применении современных резонансных и аэрокосмических средствах обнаружения объектов. Наиболее перспективным направлением исследования было выбрано адаптация дистанционного геофизического комплекса зондирования недр «Поиск» для идентификации контейнеров с химическим оружием, находящиеся под морским грунтом (от 0,5-5 м). Было предположено провести испытания аппаратуры комплекса «Поиск» (разработка СНУЯЭиП) на морских и боевых полигонах в Крыму по дистанционной идентификации различных объектов экологически опасных и взрывоопасных, находящихся под землей и под водой (до 100 м).

5.3. Методика дистанционного поиска и идентификации различных объектов и веществ, находящихся под грунтом

В основе авторского способа дистанционного глубинного зондирования морского грунта с помощью комплекса «Поиск» лежит применение генераторов СВЧ-излучений террагерцовых частот с радиационно-химической обработкой космических фотоснимков для визуализации на них границ контуров металлических объектов и различных фосфорно-органических и хлороорганических веществ [4, 5, 7].

Дистанционная идентификация (распознавание) вида подводного объекта или органического вещества под водой с помощью аппаратуры комплекса «Поиск» выполняется с использованием резонансных явлений веществ при воздействии радиочастотных излучений на атомы элементов (ЯМР-спектроскопия), входящие в конкретный вид органических веществ или конструкционный материал затопленного объекта. Для посылки радиочастотных резонансных излучений на большие глубины до 300 м использовались генераторы СВЧ-излуче-

ния террагерцовой частоты. На рабочую частоту СВЧ-генератора модулируются частотные резонансные спектры атомов реперных химических элементов (металлов) и информационно-энергетические спектры образцов проб ГСМ, химических отравляющих веществ и взрывоопасных веществ. Резонансные спектры (ЯМР-спектры) атомов металлов, входящих в состав идентифицируемых веществ и выбранных в качестве реперных элементов - записываются на установках ЯМР с частотой 60 МГц и 250 МГц. Непосредственно для образцов проб различных марок ГСМ, химических отравляющих веществ записывались резонансные информационно-энергетические спектры веществ (интегральные спектры) с помощью блоков записи резонансной аппаратуры, входящей в состав комплекса «Поиск».

Информационно-энергетические спектры веществ записываются также на рабочие магнитные носители («рабочие матрицы»), а атомные спектры металлов на «тестовые» матрицы и используются для резонансного возбуждения этих веществ в толще морского грунта (на глубинах -до 300 м) путем воздействия на них модулированных сигналов СВЧ-генератора. [1, 5, 7, 8].

Для изучения элементного состава органических веществ и конструкционных материалов плавсредств используется нейтронно-активационный метод определения концентрации металлов в них.

Данные элементного состава образцов проб и амплитуды их интегральных спектральных характеристик (информационно-измерительных спектров) вносятся в банк данных стационарного комплекса «Поиск» и используются в качестве распознавательных признаков искоемых веществ. Одновременно все спектральные ЯМР-характеристики наборов реперных металлов, входящих в конструкционные характеристики объектов записываются на «тестовые» резонансные матрицы и являются распознавательными для идентификации различных металлических объектов, находящихся под грунтом.

Для настройки аппаратуры и подтверждения дистанционного обнаружения отравляющих и взрывчатых веществ проводится испытание в лабораторных условиях стационарной и переносимой аппаратуры комплекса «Поиск» по избирательной регистрации образцов проб искоемых веществ. При этом путем регулирования порога чувствительности измерительной аппаратуры, добиваются избирательной идентификации каждого реперного элемента в углеводородах ГСМ, ОВ или конструкционных материалов объектов. Приготовле-

ние материала и изготовление «тестовых» резонансных матриц выполняется в радиохимической лаборатории и заключается в смешивании органических веществ (сахароза, поливиниловый спирт, лактоза и желатин) с микроколичеством редких элементов, обладающих повышенными магнитными свойствами.

Редкие элементы «сшиваются» с органическими веществами в тонком слое по радиационно-химическим технологиям (под воздействием гамма-излучений большой мощности) с применением исследовательского ядерного реактора ИР-100. Остаток «несшитых» молекул редких элементов удаляются растворами. Активированный материал матриц разливается в формы, а затем разрезается на пластинки размером 40 x 60 мм. С помощью высокочувствительной аппаратуры, полученные резонансные спектры реперных химических элементов и информационно-энергетические спектры с образцов проб искоемых веществ записываются на изготовленные пластины («рабочие» и «тестовые») матриц (по 2-а комплекта на 1 спектр).

Наборы «рабочих» и «тестовых» матриц используются для модуляции резонансных частот спектров атомов на высокочастотную несущую частоту генератора СВЧ-излучения (терагерцовой частоты) при проведении дистанционных измерений.

В морских условиях модулированный сигнал с помощью узконаправленной антенны от высокочастотного блока СВЧ-генератора направляется под определенным углом в море для дистанционного резонансного возмущения атомов реперного элемента либо всего идентифицируемого вещества [8÷10]. При этом над затопленным объектом, возникает высокочастотное электромагнитное поле, характерное для каждого типа органического вещества или объекта. Данное электромагнитное поле регистрируется чувствительным прибором-приемником, настроенным на резонансную частоту конкретного атома реперного элемента или интегрального спектра вещества (ВВ, ГСМ, боевые ОВ), что обеспечивает идентификацию органического вещества и объекта в целом, находящихся под морским грунтом.

Для дистанционного оперативного определения и оконтуривания затопленных объектов с помощью стационарной аппаратуры геофизического комплекса «Поиск» расшифровываются космические фотоснимки района поиска. Выполненные космические снимки перед расшифровкой передаются в радиохимическую лабораторию.

Цветные изображения с фотоснимка переносятся на специальную фотобумагу, а затем обрабатываются раствором геля из поливинилового спирта, лактозы и люминофоров. В гели добавляются редкие элементы (протекторы) в зависимости от определяемого типа ГСМ, ОВ, конструкционным материалов объектов.

Данные фотоснимки обрабатываются в радиационных полях до появления характерного свечения фотоснимка, а затем выдерживаются определенное время под воздействием вращательного магнитного поля и генератора СВЧ-излучения до начала снижения интенсивности свечения. Через определенное время свечение всего фотоснимка прекращается и продолжается свечение только тех участков, в которых находятся конкретные ископаемые объекты или органические вещества (ОВ, ВВ).

На других обработанных фотоснимках определяются границы светящейся области, где есть объекты с другими типами веществ и конструкционных материалов. При этом частота генератора СВЧ-излучений модулируется соответствующей частотой информационно-энергетического спектра идентифицируемого вещества, а фотоснимок предварительно обрабатывается соответствующими растворами с добавками редких элементов [4-7].

Границы люминесцирующего участка оконтуриваются и переносятся с помощью видеокамеры, совмещенной с ПК, на морскую карту района обследования.

При морских работах используется мобильная аппаратура для дистанционного определения глубин залегания объектов по углу наклона к водной поверхности антенны СВЧ-генератора и расстоянию от антенны до точки появления максимальной амплитуды резонансного электромагнитного сигнала над затопленным объектом или загрязненным участком донного грунта отравляющими и радиоактивными веществами. По углу наклона и замеренному расстоянию (катету) вычисляется глубина нахождения каждого объекта. По приемнику GPS регистрируются координаты объекта [1-5].

Перед началом морских работ мобильная аппаратура комплекса «Поиск» тестируется на известных затопленных объектах, контейнерах с боевыми ОВ, боеприпасах и объектах с ГСМ.

Таким образом, зондирование полевой аппаратурой обнаруженных участков скоплений затопленных объектов с ГСМ и ОВ с помощью резонансных тестовых СВЧ – излучений позволяет осуществить

привязку контуров объектов или участков загрязненного грунта к карте района, дистанционно определить следующие количественные и качественные характеристики затопленных объектов:

- тип объекта, ГСМ, загрязняющих веществ (химических и взрывчатых, радиоактивных);
- координаты границ участков загрязненного грунта или координаты затопленного объекта;
- глубины залегания объектов в грунте, глубину моря;
- размеры объекта, контуры загрязненного грунта, площадь загрязненного участка грунта конкретным токсичным веществом.

В период 2004-2008 г СНУЯЭиП проведены работы по поиску затопленных объектов на больших площадях территориальных вод Азовского и Черного морей в рамках выполнения государственной программы Украины «Поиск и обезвреживание затопленных контейнеров с боевыми отравляющими веществами в территориальных водах Украины», а также «Программы комплексной экологической очистки прибрежных территории Азово-Черноморского бассейна от промышленных и бытовых отходов с паспортизацией акваторий» [8,9,10]. Для решения поисковых задач специалистами СНУЯЭиП совместно с профильным экологическим предприятием «Ситалл» (г. Севастополь) отработан способ и технология оперативного дистанционного определения координат нахождения экологически опасных объектов затопленных (на глубинах до 300 м) и находящихся по слою грунта (до 10 м), а также их дистанционная идентификация. После определения координат затопленных объектов и их идентификации с помощью геофизического комплекса «Поиск» выполнялись водолазные работы по фотодокументированию объектов, находящихся на грунте. При глубинах более 40 м фотодокументирование объектов проводилось с применением глубоководного аппарата «Омар». При нахождении объектов под слоем грунта до 10 м документирование объектов проводилось с помощью эхолота – профилографа марки «SIKINS» типа SBP для визуализации объектов. При этом плавсредства с размещенными на них приемниками GPS и эхолота – профилографа, наводилось непосредственно в точку нахождения объекта по «лучу» СВЧ-излучателя мобильной резонансной аппаратуры комплекса «Поиск», установленной на этом плавсредстве [9].

5.3.1. Технология проведения поисковых работ. Поэтапная технология дистанционного поиска и оконтуривания границ районов с затоп-

ленными объектами и идентификации объектов представлена на структурных схемах (глава I) и состоит из последовательного выполнения двух этапов:

I этап: Предварительная идентификация и определение координат затопленных объектов.

1. Закупка необходимых расходных материалов, настройка и госповерка аппаратуры комплекса «Поиск» перед началом работ. Получение (закупка) карт района поиска.
2. Запись информационно-энергетических спектров, спектров ЯМР (объемы проб $\sim 50 \text{ см}^3$) с образцов конструкционных материалов, проб ГСМ и химических веществ, характерных для объектов района обследования.
3. Приготовление материалов для изготовления информационных металл-органических носителей («тестовых») матриц, изготовление их с помощью радиационно-химической технологии на ИР-100, запись на них необходимых спектров с образцов проб.
4. Проведение космической детальной фотосъемки обследуемого района поиска. (Охват площади обследования одним космическим фотоснимком $6 \times 6 \text{ км}$ (36 км^2) и контрольного участка с известными объектами.
5. Обработка и расшифровка космических фотоснимков, идентификация затопленных объектов, содержащих ГСМ, ВВ, ОВ на контрольном участке и на обследуемой площади акватории;
6. Визуализация контуров затопленных объектов или участков загрязненного грунта на фотоснимке и перенос их на карту района поиска с помощью видеокомплекса и блоков визуализации комплекса «Поиск». Определение координат затопленных объектов, представляющих экологическую опасность.
7. Подготовка предварительных результатов обнаружения и идентификации каждого объекта по двум или трем характерным распознавательным признакам. Предварительное определение координат (отклонение до $\pm 15 \text{ м}$) и глубин нахождения объектов по морской карте.

II этап: Детальное обследование участков с затопленными объектами и их документирование.

1. Зондирование выявленных участков района поиска с помощью аппаратуры мобильного геофизического комплекса, установленного на плавсредстве.

2. Выход плавсредства в точку затопления объекта по «лучу» узконаправленной антенны СВЧ- генератора и уточнение координат объекта с помощью приемника GPS (точность определения координат объекта $\pm 3-5$ м, в зависимости от волнения моря).
3. Регистрация, визуализация и документирование затопленного объекта, находящегося под грунтом (толщиной до 10 м) с помощью высокочастотного эхолота-профилографа «Siking» и мобильного блока аппаратуры комплекса «Поиск».
4. Подготовка и представление итогового отчета и картографического материала.

5.3.2. Состав и технологические возможности геофизического комплекса «Поиск». Вероятность избирательной дистанционной идентификации различных объектов и веществ на глубинах до 300 м (под морским грунтом до 10 м):

- скоплений ГСМ - >95%,
- полиметаллических руд (кроме цветных и платиновой группы) - 85-90%,
- цветных металлов и металлов платиновой группы - 80-85%,
- сложных органических токсических соединений и взрывчатых веществ - >85%,
- сплавов и металлических материалов - 95-98%.

К настоящему времени выполнено более 20 практических работ по поиску затопленных объектов. Практические работы подтвердили широкие технические возможности аппаратуры и высокую результативность поиска объектов под водой (более 90%).

В результате работ в течение 2004-2008 года были обнаружены и идентифицированы в прибрежных районах Черного моря следующие объекты:

- затопленные контейнеры с боевыми химическими веществами более 1000 шт (в 12 районах Черного моря);
- авиационные бомбы -50 шт;
- снарядов более 50 т;
- ракет с остатками топлива – 48 шт;
- торпед с остатками керосина – 06 шт;
- морских мин – 2 шт (только в бухтах);
- барж с боеприпасами – 10 шт;

- плавсредств с боеприпасами, остатками ГСМ, контейнерами с ОВ – 04 шт;
- военных корабля с остатками боеприпасов и ГСМ – 06 шт (занесенные песком или илом);
- свалок технического мусора и взрывчатых веществ– 04 шт;
- оконтурены границы участка морского грунта с просыпями урановых руд площадью 250 м x 150 м на глубинах 12-15 м, с толщиной заноса грунтом – до -1,3 м.;
- оконтурены границы участков загрязнённого грунта (свыше 1 ПДК) токсичными веществами (12 участков).

5.4. Выводы

1. Результаты работы подтверждают высокую эффективность способа и аппаратуры дистанционного геофизического комплекса «Поиск» для дистанционного обнаружения и идентификации затопленных экологически опасных объектов, а также для проведения дистанционного экологического мониторинга окружающей среды на глубинах моря до 300 м.
2. Аппаратура комплекса «Поиск» может использоваться для дистанционного определения границ контуров морского грунта, загрязненного различными токсичными и радиоактивными веществами (районирование загрязненного грунта), а также для поиска и оконтуривания углеводородных месторождений на морском шельфе.

Литература к главе V

1. Техническое описание голографического комплекса «Поиск», предприятие «Пирамис», г. Севастополь, 1998 г.
2. Белявский Г.А., Ковалев Н.И., Гох В.А.. Новое в дистанционной технологии экологического мониторинга подземных и подводных объектов, а также поиске полезных ископаемых, ж-л «Экология и ресурсы», вып. № 9, г. Киев, 2004 г. стр. 108-114.
3. Ковалев Н.И., Филимонова Т.А. и др. Оценка возможностей использования дистанционных технологий поиска полезных ископаемых при освоении углеводородных ресурсов на шельфах, ж-л института оптики атмосферы СО РАН. Материалы III Всероссийской конференции «Добыча, подготовка, транспортировка нефти и газа», 20 – 24 сентября 2004 г., г. Томск, стр. 67-70.

4. Патент 35122 Украина. Способ поиска залежей полезных ископаемых / Н.И.Ковалев, П.Н.Иващенко и др.- Киев: УкрПатент, 26.08.2008г.
5. Патент 227-2305 РФ. Способ разведки полезных ископаемых / А.М. Акимов, Н.И. Ковалев, В.А. Гох. Опубл. - 20.03.06 г.
6. Акт испытания аппаратуры комплекса «Поиск» на 6 известных скважинах в Феодосийской зоне, СНУЯЭиП, 2007 г.
7. Отчет по испытанию комплекса «Поиск» на Тьянинском газоконденсатном месторождении, СНУЯЭиП, 2006 г.
8. Ковалев Н.И., Солдатова С.В., и др. Отчет «НИР «Определение координат затопленных контейнеров с БОВ Черном море от места м. Лукул до м. Очаков (район №1) и от м. Очаков до м. Вилково (район №2)...», Шифр «Поиск-4», г. Севастополь, 2007 г, стр.84.
9. Ковалев Н.И., Солдатова С.В., и др. Отчет «НИР «Определение координат и визуализация места нахождения под морским грунтом контейнеров БОВ прибрежных районах Черного и Азовского море». – Шифр «Поиск-5», г. Севастополь, 2008 г, 108 стр.
10. Ковалев Н.И., Солдатова С.В., и др. Отчет НИР «Проведение работ по комплексной экологической очистке Азово-Черноморской акватории от загрязнений с предстоящей экологической паспортизацией акватории», глава 2, г.Севастополь, 2007 г, 50 стр.

ГЛАВА VI. ИССЛЕДОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ УТЕЧЕК ВОДЫ ЧЕРЕЗ ОСНОВАНИЕ И ВОДОПОДПОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ЧЕРНОРЕЧЕНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА С ПРИМЕНЕНИЕМ АППАРАТУРЫ ДИСТАНЦИОННОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «ПОИСК».

6.1. Введение

Опыт эксплуатации Чернореченского водохранилища г. Севастополя показывает, что с каждым годом пополнение водой чаши водохранилища в весеннее время уменьшается. Это обуславливает предположение о возрастании объемов утечек воды из чаши водохранилища.

Специалистами СНУЯЭиП было предложено осуществить поиск мест утечек подземных вод из чаши водохранилища по периметру водоподпорных барьеров объекта с помощью аппаратуры дистанционного геофизического комплекса зондирования грунта «Поиск» (разработка СНУЯЭиП). Площадь обследования территории вокруг Чернореченского водохранилища составила 5×5 км (25 км²).

Комплекс аппаратуры позволяет определить границы потоков подземных вод, и глубин их залегания, что позволяет выявить участки нарушения водоподпорных барьеров и их площади фильтрации [8].

Разработанный комплекс аппаратуры и способ поиска подземных (питьевых, соленых, геотермальных вод) запатентованы в России, Украине и Швейцарии [5, 9].

Научно-исследовательская лаборатория ЯХТ (Ядерно-химических технологий) СНУЯЭиП имеет государственную аттестацию на проведение измерений.

Специалисты СНУЯЭиП имеют опыт выполнения работ по поиску подземных питьевых вод в Монголии (пустыня Гоби) на глубинах до 800 м, по поиску питьевых вод в Мавритании, Кипре, Эфиопии, Греции и в России, а также поиску утечек, загрязненных технологических вод из хранилищ предприятий ЯТЦ. Положительные результаты поисков подтверждены бурением [1,2,4,6,15].

Успешность работы гарантируется высокой оперативностью дистанционного поиска подземных вод за счет использования геокосмической фоторазведки района поиска с расшифровкой космических фотоснимков и использованием полевой мобильной аппаратуры, установленной на автотранспорте с высокой проходимостью [9].