

На правах рукописи

КОРОВИЦКАЯ ЕЛЕНА ВАЛЕРЬЕВНА

**ГАЗО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОЛЯ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ
ЗНАЧЕНИЕ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ ЮГА ПРИМОРЬЯ**

Специальность: **25.00.36** – геозкология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата геолого-минералогических наук

Иркутск – 2009

Диссертация выполнена в Тихоокеанском океанологическом институте им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской Академии Наук

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук,
профессор **Обжиров Анатолий Иванович**

Официальные оппоненты: кандидат геолого-минералогических наук
Иванова Вера Леонидовна
(ДВГИ ДВО РАН, г. Владивосток)

Доктор технических наук, профессор
Руш Елена Анатольевна
(ИГУПС, г. Иркутск)

Ведущая организация: **Институт инженерной и социальной экологии
ДВГТУ (ДВПИ им. В.В. Куйбышева),
г. Владивосток**

Защита состоится 7 декабря 2009 г. в 14⁰⁰ на заседании диссертационного совета Д 003.059.01 при Институте геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН по адресу: 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1А, факс: (3952) 42-70-50

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН

Автореферат разослан « 6 » ноября 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.г.-м.н.

Королева Г. П.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Приморский край является районом, где на сравнительно небольшой территории, в масштабах России, сконцентрировано большое количество угольных месторождений. Добыча и использование угля неблагоприятно влияет на экосистемы и здоровье людей. Кроме того, на шахтных полях к частым явлениям относятся внезапные выбросы угля и газа (CH_4 и CO_2), который образуется в пластах в результате генезиса углей или поступает из подстилающих отложений. Свободные выходы газа на поверхность представляют наибольшую опасность для жизнедеятельности людей, так как метан является взрывоопасным, а углекислый газ, даже в небольших количествах, может привести к удушью. В настоящее время большинство угольных шахт Приморья ликвидированы по причине их нерентабельности. Закрытие шахт привело к устранению многих источников выбросов загрязняющих веществ, прекратился прямой сброс шахтных и хозяйственно-бытовых вод, что способствовало улучшению экологической обстановки. Но при остановке шахты идет ее естественное затопление, а вместе с тем и подъем к поверхности шахтных газов и загрязненной воды. Помимо опасности, которую представляют шахтные газы для жизнедеятельности людей, потоки метана и углекислого газа вносят вклад в бюджет атмосферы, что ведет к увеличению тепличных газов и соответственно, усиливает процесс глобального потепления климата.

Основными объектами юга Приморья, рассматриваемыми в данной работе, являются: Тавричанское, Артемовское, Шкотовское и Хасанское бурогольные месторождения, Подгородненское каменноугольное месторождение и Партизанский каменноугольный бассейн (рис.1). Большинство шахт представленных месторождений являются газообильными и имеют сверхкатегорийный режим по метану, в связи, с чем представляют опасность с экологической точки зрения, что и явилось причиной выбора этих объектов для изучения.

Цель и задачи исследований. Цель исследования состоит в изучении распределений газо-геохимических полей на угольных шахтах юга Приморского края и оценке экологического состояния в зоне их действия. Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решены следующие задачи:

- изучение особенностей распределения газо-геохимических полей на шахтах угольных месторождений Приморья;
- оценка газоносности углей и вмещающих пород и газообильности горных выработок шахт;
- определение факторов, оказывающих влияние на компоненты окружающей среды;
- обоснование мероприятий по уменьшению негативного воздействия на окружающую среду вследствие выделения газов на шахтных полях Приморья.

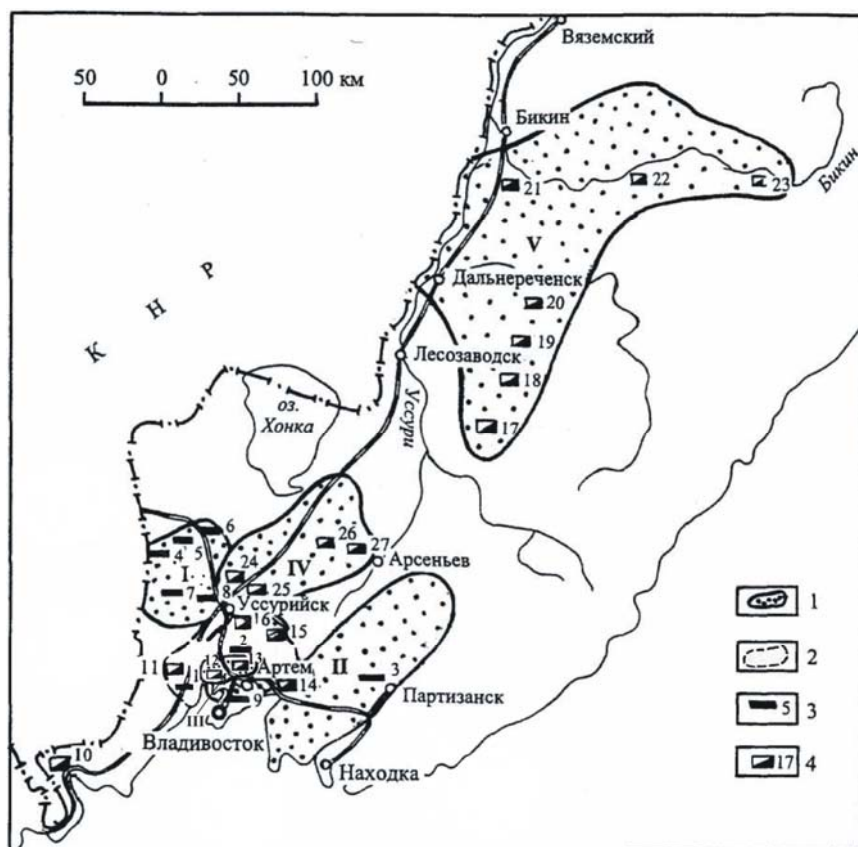


Рис.1. Схема расположения основных угольных бассейнов, месторождений и угленосных районов Приморья

1 - угольные бассейны: I - Раздольненский, II - Партизанский, III - Угловский, IV - Ханкайский, V - Бикино-Уссурийский; 2 - Южно-Приморский угленосный район; 3,4 - основные месторождения (справа - порядковый номер по списку): 3 - каменноугольные, 4 - бурогоугольные.

Месторождения, указанные на схеме: 1 - Монгугайское, 2 - Адамсовское (Синегорское), 3 - основная промышленная площадь Партизанского бассейна, 4 - Константиновское, 5 - Ильичевское, 6 - Липовецкое, 7 - Алексее-Никольское, 8 - Уссурийское, 9 - Подгородненское, 10 - Хасанское (Хасанский район), 11 - Нежинское, 12 - Тавричанское, 13 - Артемовское, 14 - Шкотовское, 15 - Бонивуровское, 16 - Глуховское, 17 - Крыловское, 18 - Малиновское, 19 - Ореховское, 20 - Белогорское, 21 - Бикинское, 22 - Средне-Бикинское, 23 - Верхне-Бикинское, 24 - Павловское, 25 - Раковское, 26 - Ретиховское, 27 - Чернышевское.

Методы исследований включают: газо-геохимические исследования; комплексный анализ экологических особенностей шахт Приморья; обработку и обобщение научно-технических литературных источников по проблеме исследований.

Основные защищаемые положения.

1. Аномальная газоносность (метаноносность) угленосных отложений и высокая газообильность горных выработок шахт южного Приморья зависят от геологических факторов (многочисленные зоны разломов, присутствие источника газа в породах фундамента, влияние интрузивных комплексов) и оказывают влияние на загрязнение окружающей среды в этом регионе.

2. Ликвидация шахт приводит к возникновению неблагоприятной экологической обстановки (появление шахтных газов в почвенном слое,

водных объектах, атмосфере) и опасности для жизнедеятельности людей (скопление CH_4 и CO_2 в подземных сооружениях, формирование взрывоопасных смесей).

3. Для уменьшения негативного влияния шахтных газов на экологическую ситуацию региона предлагается изолирование районов жизнедеятельности от потоков загрязненных вод и газов и извлечение газа (метана) из шахтных полей с последующим его использованием как углеводородное сырье.

Научная новизна.

- Уточнены закономерности распределения газо-геохимических полей на угольных месторождениях южного Приморья. Определена взаимосвязь газовой зональности с метаноносностью углей и динамикой выброса угля и газа.
- Уточнена взаимосвязь компонентного состава шахтных газов с особенностями геологических факторов на угольных месторождениях южного Приморья. При сопряжении угольных отложений с интрузивными комплексами (Партизанский бассейн) проявляется смесь газов (CH_4 , ТУ , CO_2 , H_2 , N_2 и др.); в зонах разломов преимущественно наблюдается метан.
- На основе анализа экологического состояния территории, изучения происхождения и динамики изменения потока метана была составлена информационная база по изменениям концентрации газа в зоне влияния шахт угольных месторождений южного Приморья за многолетний период.

Достоверность и обоснованность результатов подтверждается значительным объёмом исследований и современным уровнем применявшегося для газоаналитических работ отечественного и зарубежного хроматографического оборудования, газовых стандартов, методов отбора и дегазации проб, методик обработки результатов исследований, выполненных автором. Исходные материалы взяты из научно-исследовательских и производственных отчётов, прошедших государственную регистрацию и экспертизу, на основании которой признаны достоверными и обоснованными, а также в публикациях и монографиях.

Практическая значимость работы заключается:

- в установлении опасных и угрожаемых газо-геохимических полей (по концентрации метана в подпочвенном слое) в зоне влияния Угловского бурогоугольного бассейна;
- в создании информационной базы по изменениям концентрации метана в зоне влияния шахт угольных месторождений южного Приморья, которая является основой для составления прогнозов появления газа на поверхности и возникновения угрозы опасности жизнедеятельности людей;
- в разработке рекомендаций для обеспечения безопасной геэкологической обстановки, в том числе, посредством использования шахтного метана, как нетрадиционного углеводородного сырья;

Представленные результаты газо-геохимических исследований и оценка экологического состояния рассматриваемых районов, а также рекомендации по снижению опасности для жизнедеятельности людей переданы в Комитет по природным ресурсам Приморского края.

Личный вклад автора. Автором отобрано более 500 проб шахтных газов и воды, более 1000 проб подпочвенных газов. Из проб воды газ извлекался на дегазационной установке ТОИ ДВО РАН. Анализ газа выполнялся на газовых хроматографах SRI и «КристалЛюкс – 4000М», выполнено более 5000 измерений метана, тяжелых углеводородов, углекислого газа, кислорода и азота.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались и обсуждались на Региональных конференциях во Владивостоке (2004 – 2009 года); на Международных конференциях во Владивостоке (2005 г.), в Японии (г. Каназава, 2006 г.), в Москве (2007 г., 2008 г.) в Биробиджане (2008 г.), в Китае (г. Чан-Чунь, 2008 г.) и в Санкт-Петербурге (2009 г.); на Межвузовских научных конференциях в Москве (2008г.); на Всероссийских конференциях в Москве (2008 г.).

Публикации. Результаты исследований отражены в 29 работах, в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК – две публикации, и в двух монографиях.

Объём и структура работы. Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения, изложенных на 172 страницах, включая список литературы из 70 наименований, 31 иллюстрации и 13 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приведены данные о состоянии проблемы и обоснована актуальность исследований. В данном разделе определены цели и задачи работ, раскрыта научная новизна и практическая значимость полученных результатов, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе дано краткое описание истории изучения газоносности шахт угольных месторождений российскими учеными. Также рассмотрена история изучения метанопроявлений и экологического состояния территорий на угольных месторождениях Приморья.

Во второй главе кратко представлены основные методы, используемые при различных исследованиях, отражающих закономерности пространственного распределения химических элементов и природных газов в различных природных средах (разломах, горных породах, водах, атмосфере), включая изучение газоносности угольных месторождений. Особое внимание уделено газогеохимическому методу, который был создан и отработан сотрудниками лаборатории газогеохимии ТОИ ДВО РАН под руководством А.И. Обжирова. Данный метод использовался автором при проведении исследовательских работ на объектах изучения.

В третьей главе дано краткое описание геологического строения, тектоники и гидрогеологических условий, и указана значимость данных

характеристик при изучении распределения газо-геохимических полей на угольных месторождениях юга Приморья.

Угольные пласты бурогольных месторождений южного Приморья залегают в толще песчаников, алевролитов и аргиллитов палеогена мощностью 1000-2000 м. Фундаментом их являются отложениями верхнего палеозоя (верхняя пермь) и мезозоя (верхний триас, мел) мощностью 4000-5000 м. На каменноугольных месторождениях угленосность приурочена к отложениям меловой системы. На большинстве бурогольных месторождений угленосные отложения сверху перекрыты алевролитоглинистыми отложениями, которые служат покрывкой, являясь мощным газо- и водоупором.

По тектоническому строению все рассматриваемые месторождения характеризуются интенсивной нарушенностью отложений, причем отмечается следующая закономерность: нарушенность угольных пластов возрастает при приближении к фундаменту и зависит от возраста фундамента (чем он моложе, тем выше нарушенность). Наличие большого количества разрывных нарушений способствует миграции газов к поверхности.

В гидрогеологическом отношении выявлено, что водоносность пород на большинстве рассматриваемых месторождений незначительная (за исключением Шкотовского месторождения), а водопроявления приурочены к зонам тектонических нарушений и трещиноватым магматическим породам.

В отложениях верхнего триаса установлены пласты каменного угля, которые являются не только генераторами метана, но и источником восполнения его потерь в угленосных толщах Угловского бассейна (угловская свита) и Подгородненского месторождения (северосучанская свита) вследствие их естественной (природной) дегазации. Функциональную аналогичную роль выполняет на этих же объектах газонасыщенная нижнемеловая угленосная старосучанская свита. При подсечении горными работами обеих свит отмечались мощные метанопроявления в виде суфляров и выбросов метана и тяжелых углеводородов – этана, пропана и бутана (Артемовское месторождение, шахта Амурская; Тавричанское месторождение, шахта Капитальная).

Коллекторские свойства пород мезозоя относительно низки. По имеющимся данным эффективная пористость меловых отложений 8, триасовых – 2-4%. Поровая проницаемость этих отложений находится в пределах от сотых-десятых долей до 1-5 миллиардси. Трещинная проницаемость нижнемеловых пород не превышает 10 мД.

В отложениях кайнозоя обнаружено несколько горизонтов песчаников с благоприятными коллекторскими свойствами (пористость 18-25%, проницаемость 100 – 200 мД), перекрытых глинистыми покрывками. К ним приурочены небольшие газовые залежи, подобные обнаруженной в скв. 36 (Артемовский участок).

В четвертой главе приведена характеристика газовых режимов шахт, свободных и внезапных газопроявлений, а также установлен состав природного газа и уточнена газовая зональность на Тавричанском,

Артемовском, Шкотовском и Хасанском бурогольных месторождениях, Подгородненском и Партизанском каменноугольных месторождениях. Выявлена взаимосвязь компонентного состава шахтных газов с особенностями геологических факторов на вышеупомянутых месторождениях.

Влияние подстилающих пород на распределение газа в угленосных отложениях в зависимости от их способности генерировать газ прослеживается при сравнении близких по типу геологического строения месторождений: бурогольных Артемовского и Тавричанского – с одной стороны, Шкотовского и Хасанского – с другой. Метаноносность углей Шкотовского и Хасанского месторождений не превышает 1 – 2 м³/т.с.б.м. Метанообильность горных выработок шахт этих месторождений достигает 2 – 5 м³/т.с.д. на глубинах 200 – 300 м. Угленосные отложения Артемовского и Тавричанского месторождений имеют метаноносность 5 – 7 м³/т.с.б.м., а метанообильность горных выработок превышает 30 м³/т.с.д. Угленосные отложения Артемовского и Тавричанского месторождений залегают на отложениях мезозоя, а Шкотовского и Хасанского месторождений – на верхнепермских гранитах и туфогенно-осадочных образованиях.

При активной циркуляции подземных вод на месторождениях и связи их с поверхностными (грунтовыми) водами происходит вынос газа (метана) водой. Этим обусловлено низкое содержание метана в угленосных отложениях Шкотовского месторождения. При увеличении водообильности горных выработок уменьшается их газообильность. Кроме того, при затоплении шахт, в процессе их ликвидации, происходит вытеснение шахтных газов на поверхность.

На Партизанском месторождении, где имеют место пластово-секущие тела, пронизывающие угленосные отложения, в природных газах присутствует водород в значительных концентрациях (более 30 %), в больших количествах отмечается содержание углекислого газа, метана и азота. На Артемовском, Тавричанском и Подгородненском месторождениях, где имеется мощная толща угленосных и подстилающих их континентально-морских отложений, генерирующих метан, распространен преимущественно метан. На Шкотовском и Хасанском месторождениях основным компонентом в газе является азот, что связано с благоприятными условиями для дегазации толщи.

Данные, приведенные в третьей и четвертой главах, подтверждают **первое защищаемое положение:** *Аномальная газоносность (метаноносность) угленосных отложений и высокая газообильность горных выработок шахт южного Приморья зависят от геологических факторов (многочисленные зоны разломов, присутствие источника газа в породах фундамента, влияние интрузивных комплексов) и оказывают влияние на загрязнение окружающей среды в этом регионе.*

В пятой главе приведены результаты эколого-газового обследования районов, расположенных в зоне воздействия шахт изучаемых угольных месторождений.

Ликвидация шахт приводит к возникновению неблагоприятной экологической обстановки (появление шахтных газов в подпочвенном слое, водных объектах, атмосфере) и опасности для жизнедеятельности людей (скопление CH_4 и CO_2 в подземных сооружениях, формирование взрывоопасных смесей) (второе защищаемое положение).

Миграция газов метана в угленосной толще происходит либо по свободным порам и трещинам, либо по зонам тектонических нарушений. Существенное влияние на миграцию метана оказывают вмещающие перекрывающие породы. Роль перекрывающих пород особенно важна в пологом и слабонаклонном залегании пластов, т.е. в условиях, когда движение к поверхности по самим пластам относительно затруднено. Так, например, на Тавричанском и Артемовском месторождениях «экранирующими» породами являются отложения надеждинской свиты. С увеличением мощности глинистых пород надеждинской свиты, метаноносность угольных пластов, как правило, выше, причем на контакте отложений угловской и надеждинской свит в определенных тектонических условиях, формируются скопления свободного метана под давлением. Давление газа достигает в ряде случаев 15,0 МПа. Т.е. для образования газовых ловушек в этих условиях существуют три основных элемента: наличие газовой составляющей (первый), коллектор (второй) и покрышки («экрана» - третий).

Функции «экрана» для газа, как в природных условиях, так и в условиях затопления шахт, могут выполнять газонепроницаемые нарушения или их системы, обычно это взбросы, надвиги, сдвиги или клиновидная система сбросов закрытого типа, как правило, с замыканием в верхней части разреза. При вскрытии таких тектонических ловушек газа подземными горными выработками и поверхностными геологоразведочными скважинами фиксировались многочисленные свободные газопроявления и внезапные выделения газа с начальным его дебитом до 15 - 30 м³/мин (подземные работы) и до 2 - 6,5 м³/мин (буровые работы) на месторождениях Угловского бассейна. Содержание метана в газовой смеси достигло 96,5%. В газовых ловушках такого типа обычно скапливалось на месторождении от 2 до 12 млн. м³ метана. В условиях затопления шахт при достижении критических гидродинамических давлений возможны прорывы экранирующей покрышки и выход его на поверхность.

Большинство продольных нарушений на месторождениях характеризуются небольшой зоной смятия пород (до 3 - 10м) и большим уплотнением их, что в значительной мере затрудняет вертикальную миграцию газов к поверхности, способствует формированию локальных скоплений газа.

Диагональные нарушения характеризуются мощной зоной перемятых пород (поле шахты «Капитальная» Тавричанского месторождения - до 30-60м), оказывают дегазирующее влияние, однако в случае их «экранирования» или резкого изгиба простирания могут являться ловушками для газа.

Поперечные к простиранию пород разрывные нарушения, как правило, способствуют дегазации угленосной толщи.

Угольные пласты и большинство тектонических нарушений вследствие их повышенной газопроницаемости являются путями миграции для газа. На шахтных полях установлено, что при миграции газа по дизъюнктивным нарушениям и крупным трещинам на поверхности наблюдаются точечные выходы газа и цепочка точечных выходов. За счет бокового рассеивания вокруг точечного выхода может создаваться ореол рассеивания, в пределах которого будут наблюдаться повышенные концентрации газа вблизи поверхности.

С началом затопления шахт подземные воды вытесняют метан из трещин вмещающих пород и угля, из макропор угля и растворяют часть природного газа; вследствие чего интенсивность процессов миграции и фильтрации газов к поверхности значительно увеличивается. Вмещающие газ подземные воды с поднятием их уровня перенасыщаются метаном, тяжелыми углеводородами, углекислым газом и уже не в состоянии удержать в себе весь поступивший газ и выделяют его избыточную часть. При этом наблюдается изменение по разрезу компонентного состава природного газа, изменяется газовая зональность, формируется сеть выходов шахтных газов на поверхность. Например, за весь период ликвидации (затопления) шахт Тавричанского месторождения отмечается относительное уменьшение средних мощностей газового выветривания от 240 до 200 м. При этом, вследствие перемещения значительных объемов метанонасыщенных газов в вертикальном направлении, верхняя граница зоны азотно-метановых газов ($\text{CH}_4=50-70\%$) поднялась к поверхности с 175 м в природных условиях, до 150 м в начальный период затопления и до 110 м по завершению ликвидации; среднее содержание метана в интервале глубин 50-100 м составляло: 10% в природных условиях, 18% - в начальный период затопления, 28% - по завершению ликвидации. В приповерхностной зоне угленосность толщи в интервале 5 - 50м соответствующие средние концентрации метана составляли: 4, 6 и 16%. Аналогичное возрастание отмечается в распределении по разрезу тяжелых углеводородов и углекислого газа, наблюдается тенденция относительного увеличения концентраций водорода.

В процессе эколого-газовых исследований, проводимых после ликвидации шахт угольных месторождений юга Приморья, было установлено, что процессы дегазации продолжаются и по сегодняшний день.

После ликвидации горных выработок *Тавричанского бурогоугольного месторождения* на территории горных отводов шахт было зафиксировано несколько случаев возгорания метана от внешних причин, которые привели к гибели людей.

Проведенная детальная поверхностная газовая съемка в 1999 и 2000 гг. показала, что метан и углекислый газ фиксировались в газоотводящих трубах клетьевого ствола в процентных соотношениях 55 и 10,8 % соответственно, в огороде по ул. Интернациональной 21 из трубы (вероятно старой геологоразведочной скважины) содержание метана достигло 80 %. В

пределах шахтных полей выделено 5 основных площадей опасных и угрожаемых по выходу метана на поверхность. В угрожаемые зоны попадает порядка 473 объектов: 73 жилых здания (в т.ч. школа по ул. Интернациональной) и 160 нежилых - хозбытовые постройки, производственные здания (в том числе хлебокомбинат на ул. Пионерская), трансформаторные подстанции, колодцы подземных коммуникаций. Общая площадь угрожаемых и опасных зон по выходу подземных газов составляет порядка 19,6 га.

В связи с тем, что после ликвидации шахт Тавричанского месторождения шахтный газ стал вытесняться из горных выработок и поступать в подземные жилые и производственные помещения (подвалы, гаражи и т.д.) и на поверхность почвы (в огороды, колодцы) в 2003 г. для дренажа этого газа были пробурены скважины 7к-гд1, 8к-гд2 и 9к-гд3.

Результаты режимных наблюдений за качественными и количественными газовыми параметрами по скважинам в период с 2003 по 2005 гг. показывают, что по всем трем скважинам отмечается сходный компонентный состав газа, при этом наблюдаются повышенные концентрации CO_2 от 7 до 24% (рис. 2), CH_4 от 50 до 80 % (рис. 3), а также высокие содержания этана от 0,006 % (скв. 9к-гд3, 2004 г.) до 0,7 % (скв. 7к-гд1, 2005 г.) и пропана от 0,002 % (скв. 9к-гд3, 2004 г.) до 0,09 % (скв. 8к-гд2, 2005 г.).

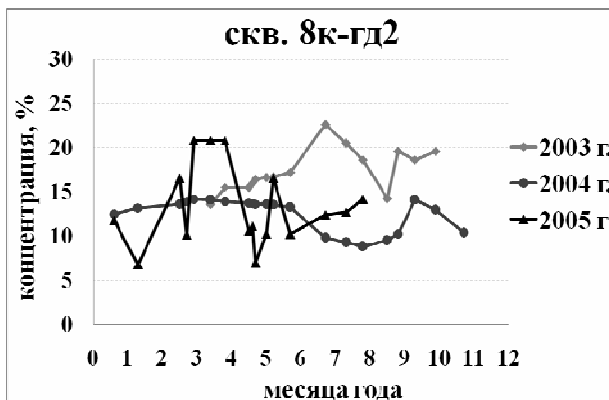
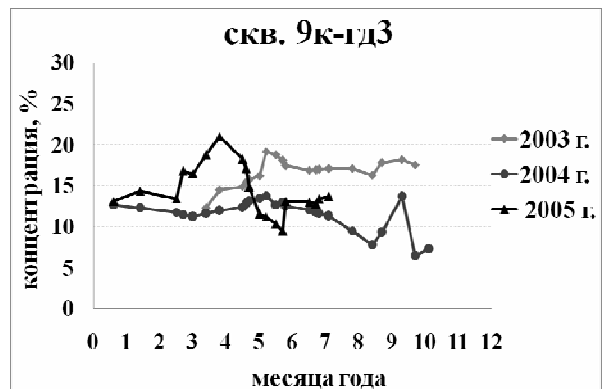
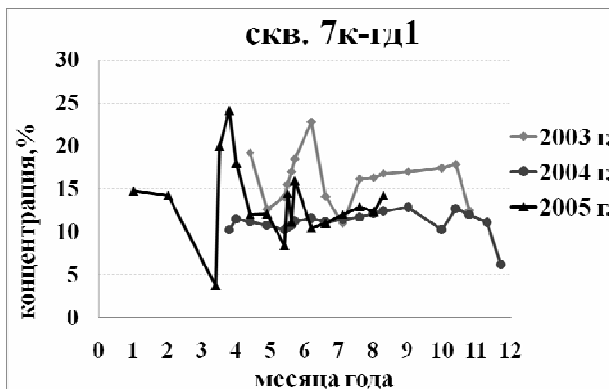


Рис. 2. Графики изменения концентраций углекислого газа по скважинам 7к-гд1, 8к-гд2, 9к-гд3 в период с 2003 по 2005 года

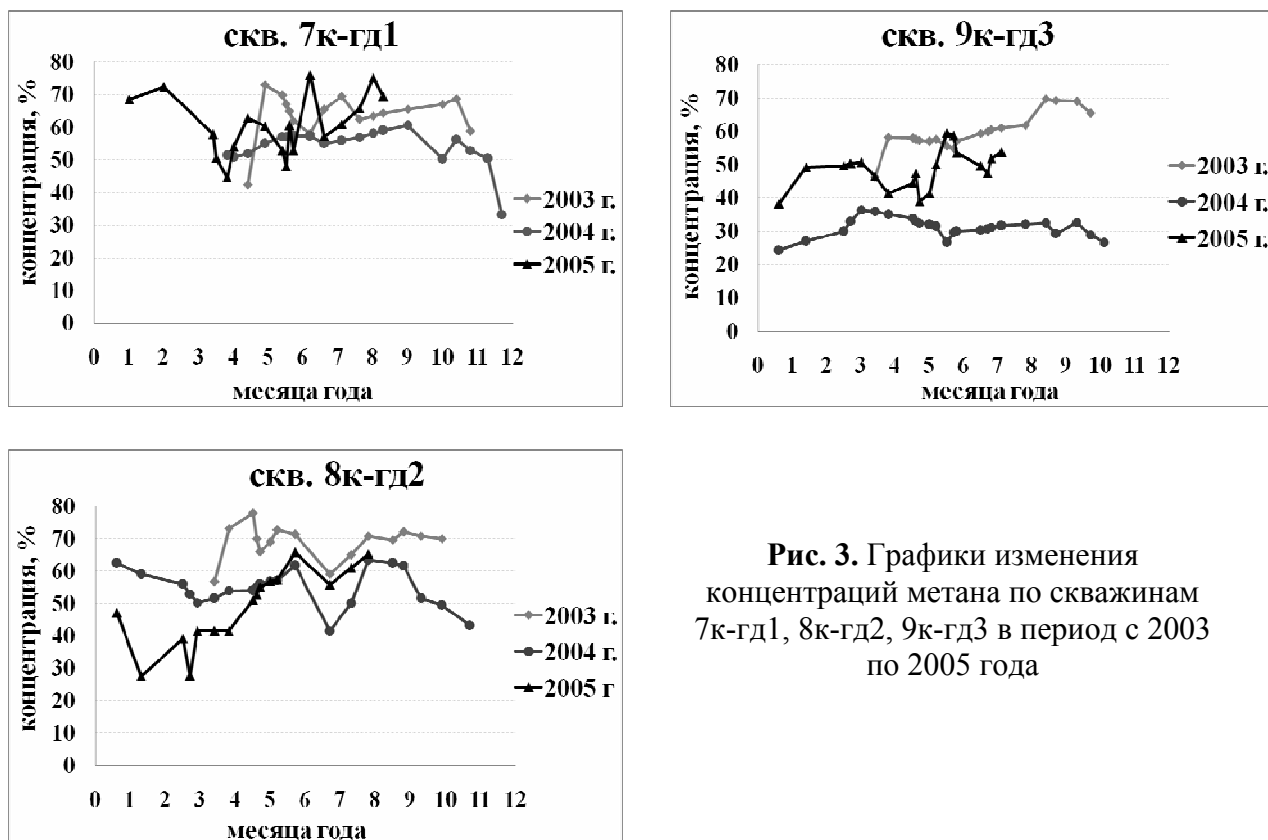


Рис. 3. Графики изменения концентраций метана по скважинам 7к-гд1, 8к-гд2, 9к-гд3 в период с 2003 по 2005 года

Анализ графиков показывает, что наиболее сильные колебания концентраций метана и углекислого газа наблюдаются во втором и третьем кварталах. К этим же периодам приурочены и максимальные концентрации метана 70 – 80 % в газовых пробах по скважинам. Данная закономерность объясняется затруднёнными условиями миграции газов к поверхности в зимнее время и благоприятными – в летнее (период прохождения тайфунов и ливневых дождей). Анализ материалов газового опробования по скважинам показал, что максимальные содержания CH_4 фиксировались в составе газовых проб, отобранных в условиях пониженных значений атмосферного давления (менее 850 мм). Кроме того, из графиков видно (см. рис. 2 и 3), что в 2003 г (год бурения скважин) по скважинам наблюдаются повышенные концентрации метана и углекислого газа. В 2004 г просматривается общая динамика снижения концентраций рассматриваемых газов. В 2005 г концентрации CH_4 и CO_2 вновь повышаются. Это связано с тем, что после бурения скважин, когда была пройдена газоупорная толща надеждинской свиты, скопившийся под крышкой газ стал интенсивно выходить на поверхность. В 2004 г вновь начался процесс накопления шахтных газов, за счет его подтока с более глубоких горизонтов, в том числе с фундамента, при этом концентрация газа в шахтах в течение года была практически постоянной (50 – 60 % метана в скв. 7к-гд1 и 8к-гд2, 25 – 35 % метана в скв. 9к-гд3 и 10 – 15 % CO_2 по всем скважинам.). В 2005 г уже успевший скопиться газ выходил на поверхность, при этом концентрации его сильно менялись в течение года.

Учитывая то, что максимальные концентрации газов наблюдались в третьем квартале, в последующие года с 2006 по 2008 гг. наибольшее внимание было уделено отбору газовых проб из скважин в этот период, пробы отбирались в июле. Результаты представлены в виде графиков (рис. 4).

В последние годы по скв. 7к-гд1 наблюдается стабилизация газодинамического режима. По скв. 8к-гд2 концентрация метана и углекислого газа с 2006 по 2008 год уменьшается. По скв. 9к-гд3, наоборот наблюдается увеличение концентрации газов, это связано с тем, что в настоящее время началась газовая разгрузка глубоких горизонтов

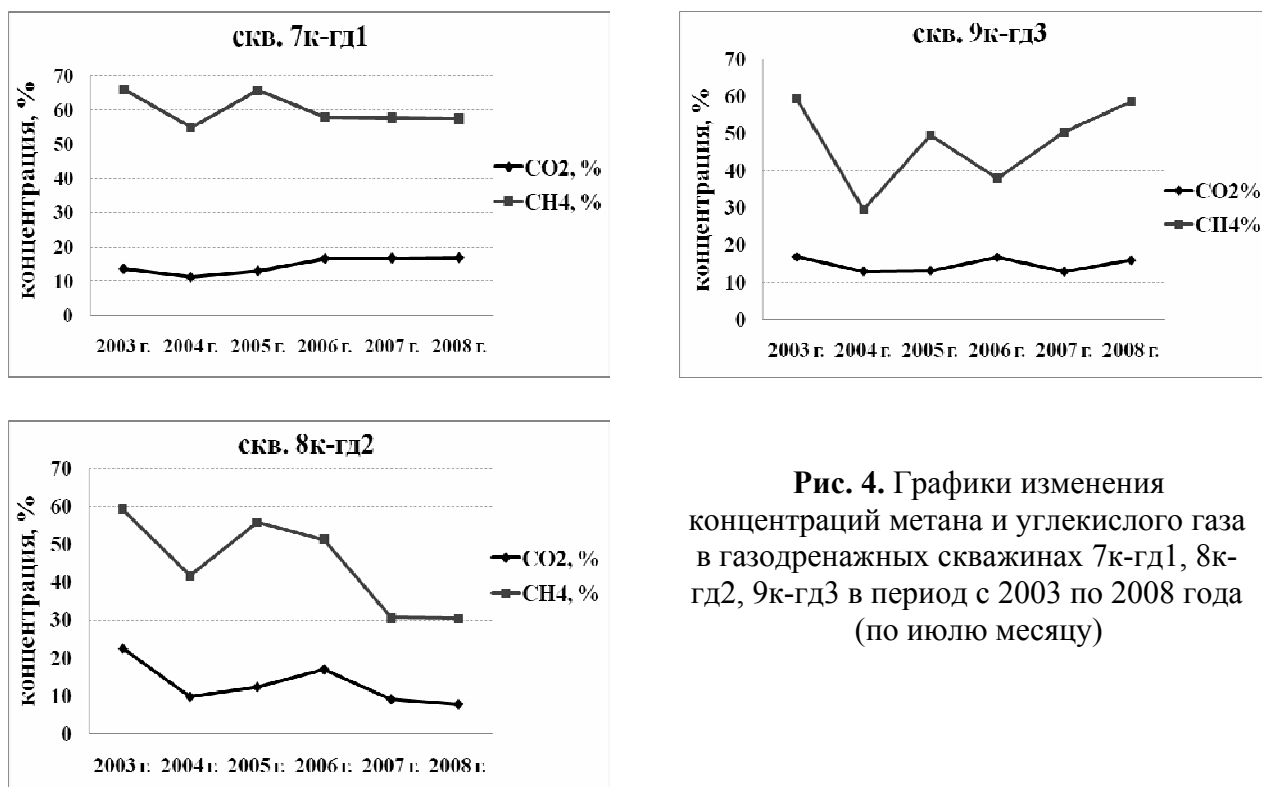


Рис. 4. Графики изменения концентраций метана и углекислого газа в газодренажных скважинах 7к-гд1, 8к-гд2, 9к-гд3 в период с 2003 по 2008 года (по июлю месяцу)

шахты и подток газа из ниже лежащих подстилающих угленосных и газоносных кайнозойских отложений. Газоперенос природного газа осуществляется по зонам крупных тектонических нарушений и трещиноватым породным зонам, образованными ими. Данный вывод также подтверждается появлением в газовых пробах, отобранных из скважины 7к-гд1 в 2005 году, гелия в концентрациях до 0,09 %, имеющего глубинный генезис.

Кроме наблюдений за газодренажными скважинами, в рамках эколого-газового обследования территории горного отвода шахт Тавричанского месторождения в III квартале 2005 г была проведена газово-подпочвенная съемка. По 25 профилям было отобрано 200 проб подпочвенного газа с целью оценки площадного распределения метана в подпочвенном газе на заселённой территории посёлка и выявления аномальных зон с концентрацией газов в подпочвенном слое, превышающей ПДК ($\text{CH}_4 \geq 0,05\%$; $\text{CO}_2 \geq 2,0\%$).

В результате на площади эколого-газового обследования во втором квартале 2005 года установлены: азот, кислород и аргон, углекислый газ, метан, этан, пропан и бутан.

Содержание CO_2 в составе подпочвенного газа варьирует в пределах от 0,05 до 12,14 % на поле шахты Капитальной и от 0,1 до 1 % на поле шахты № 5. В пределах горного отвода шахты Капитальной по данным подпочвенно-газовой съёмки выделено 6 аномальных углекислотных газо-геохимических полей с концентрацией CO_2 в подпочвенном слое более 2 %.

Концентрации метана в подпочвенном слое на площади горного отвода шахты Капитальной изменяются от 0,0006 до 0,81%. В пределах горного отвода шахты № 5 содержание CH_4 в подпочвенном слое не превышает 0,014%. Обработка и анализ полевого материала позволили на площади эколого-газовых исследований выделить три аномальных по метану (опасных) газо-геохимических поля с концентрацией в подпочвенном слое более 0,05 % и одно с угрожаемыми показателями.

Расположение этих полей приурочено к местам выходов под наносы тектонических нарушений, имеющих связь с отработанными пространствами; зонам трещиноватых пород; выходов под наносы угольных пластов, в том числе отработанных на этих площадях и подработанных на выходах сближенных пластов.

Тяжёлые углеводороды (ТУ) в подпочвенном слое представлены гомологическим рядом от этана до бутана, включительно, причем концентрации этана в подпочвенном слое достигают 0,039 %; этилена – 0,00064 %; пропана – 0,0062 %; пропилена – 0,0020 % и бутана – 0,00032 %. Наличие такого спектра ТУ в приповерхностных, поверхностных условиях, аномальные содержания (более 1 %) в составе газа газодренажных скважин (7к-гд), а также их отсутствие в газовых пробах ранее проведённых подпочвенно-газовых съёмок позволяет сделать вывод, что происходит интенсивная дегазация и перенос газов с глубоких горизонтов шахты Капитальной.

Аналогичная ситуация наблюдается и на Артемовском бурoughольном месторождении, где после ликвидации шахт в жилых домах и прочих зданиях и сооружениях (на 27 объектах) отмечались одноразовые выделения метана с содержанием 0,1 - 0,6 % (2001 г.). Выделение в составе подземных газов двуокиси углерода с содержанием более 0,5 % зарегистрировано на 8 объектах контроля. Выделение в составе подземных газов окиси углерода зафиксировано на 13 объектах, это, скорее всего, объясняется тем, что на шахте «Амурская» неоднократно возникали эндогенные пожары.

С 2004 г. ведется регулярное газо-геохимическое опробование по скважинам 60-гд, 80-гд (поле шахты «Озерная») и скважине 5к (поле шахты «Амурская»). В результате работ было установлено, что выходы газа с максимальными концентрациями метана (до 81 %) приходятся, как и на Тавричанском месторождении, на июль месяц. Данные по CO_2 и CH_4 в период с 2004 по 2007 гг. за июль представлены в виде графиков (рис. 5).

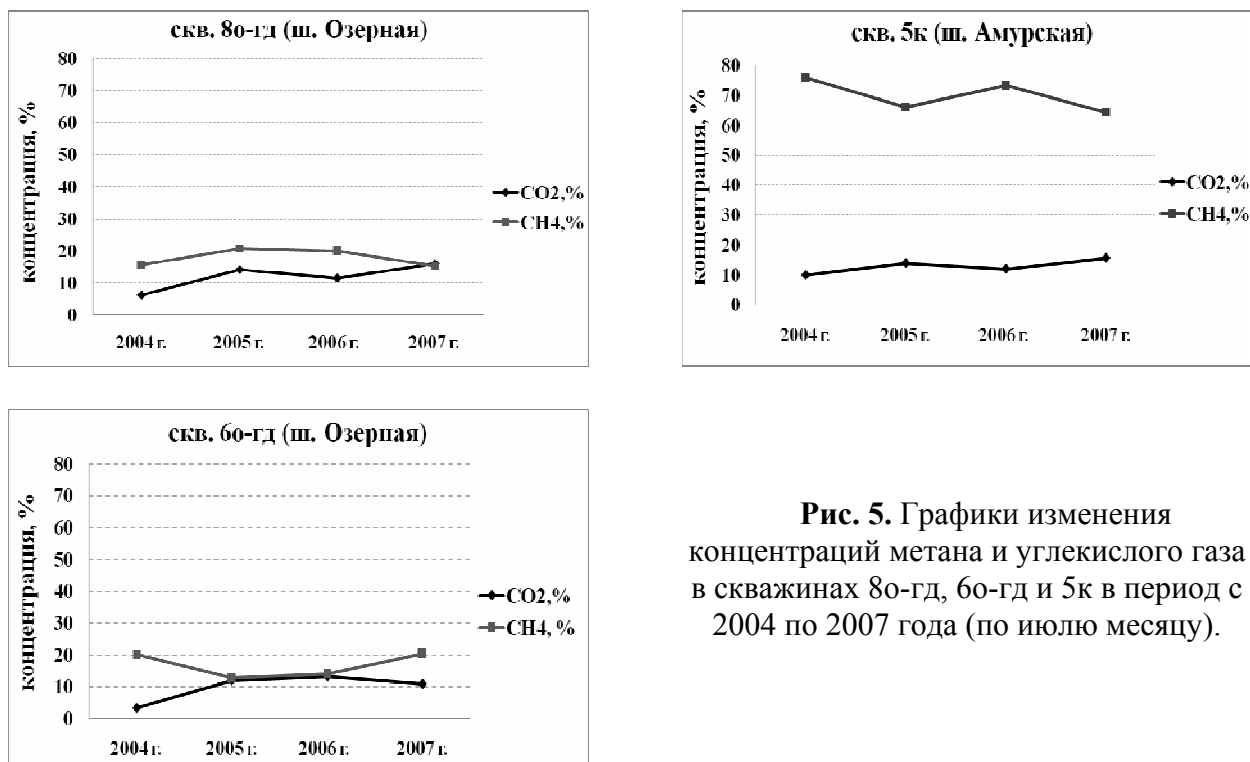


Рис. 5. Графики изменения концентраций метана и углекислого газа в скважинах 80-гд, 60-гд и 5к в период с 2004 по 2007 года (по июлю месяцу).

В скважинах, расположенных на поле шахты «Озерная», с 2004 по 2007 гг. в июле месяце наблюдаются небольшие колебания концентраций метана в пределах 13 – 21%, это говорит о снижении интенсивности выделений метана в данном районе. Исключением является шахта «Амурская», где по скважине 5к наблюдается постоянный рост концентрации CH₄ от 40 % (январь 2004) до 76 % (август 2005 г.) и последующие ее колебания в пределах 65 – 75 % (по данным июля месяца). Данный факт, вероятнее всего, свидетельствует о том, что дегазация техногенных коллекторов газа на поле шахты «Амурской» находится на начальной стадии развития, а на шахте Озерной – в стадии перераспределения газа в техногенных и природных коллекторах.

Концентрация углекислого газа по всем скважинам колеблется в пределах 10 – 15 %. Относительно стабильное фиксирование CO₂ в газовых пробах свидетельствует о наличии постоянного источника газа. В выработанных пространствах погашенных шахт углекислый газ может образовываться за счёт окисления кислородом, оставшимся после погашения шахт в выработанных пространствах, угольных пластов, целиков угля, органического и углистого вещества во вмещающих породах и др.

Помимо наблюдений за изменением газового состава в скважинах в пределах горных отводов шахт Артемовского бурогольного месторождения, в рамках эколого-газового обследования территории в 2005 г была проведена газово-почвенная съемка. Работы проводились по 37 профилям, расположенным в крест простиранья угольных пластов, была отобрана 321 проба почвенного газа, с той же целью, что и на Тавричанском месторождении.

Содержание CO_2 в составе подпочвенного газа варьировало в пределах от 0,1 до 10,9 % на поле шахты Амурской; от 0,1 до 12,6 % - Озёрной; от 0,2 до 10,0 % - Приморской; от 0,1 до 16,3 – Дальневосточной и от 0,1 до 6,5 % на поле шахты 6-6^{бис}. На основании полученных данных было выделено 5 аномальных по углекислому газу газо-геохимических поля. В целом же, около 30 % исследованной площади является газоопасной по углекислому газу с концентрациями, превышающими ПДК в 6 – 8 раз.

Концентрации метана в подпочвенном слое изменялись: от 0,0006 до 18 – 21 % на поле шахты Амурской; от 0,0007 до 0,072 % - Озёрной; от 0,0003 до 10,12 % - Приморской; от 0,0001 до 0,053 % - Дальневосточной и от 0,0000 до 0,01 % на поле шахты 6 – 6^{бис}.

Обработка и анализ полевого материала позволили на площади эколого-газовых исследований в Артемовском районе выделить 5 локальных аномальных (опасных) газо-геохимических поля с концентрацией метана в подпочвенном слое более 0,05 % и 18 газо-геохимических полей с угрожаемыми показателями концентраций метана (0,02 – 0,05 %) протяжённостью на западе от границ поля шахты Амурской и на востоке - на поле шахты Дальневосточной. Расположение этих полей и блока приурочено к местам выходов под наносы тектонических нарушений, имеющих связь с отработанными пространствами, зонам трещиноватых пород, выходов под наносы угольных пластов, в том числе отработанных на этих площадях и подработанных на выходах сближенных пластов.

Из тяжелых углеводородов в подпочвенном газе обнаружен этан и пропан с концентрациями до 0,0092 и 0,00007 % соответственно. Наличие этана и пропана в приповерхностных и поверхностных условиях, аномальные содержания в составе проб газа скважин со свободными газовыделениями (5к, 6о-гд и др.) позволяет сделать вывод о том, что с 2005 г. началась интенсивная дегазация и миграция газов глубоких горизонтов шахт Амурской и Озёрной, где породы фундамента представлены высокогазонасыщенными отложениями.

В пределах Шкотовского бурогольного месторождения эколого-геохимические исследования проводились с 2000 по 2005 гг. в районе куста газифицирующих гидрогеологических скважин с высокой минерализацией воды, расположенного в прибрежной зоне бухты Суходол, Уссурийского залива (в районе пос. Речица). Работы выполнялись с целью выяснения источников и состава газов подземных вод, подпочвенной и приземной атмосферы, а также отслеживания экологической обстановки в этом районе.

Пробы воды для газо-геохимических исследований отбирались в 6 скважинах: 4-х измерительных скважинах малой глубины - 1 (12 м), 3 (13 м), 4 (10 м), 5 (11 м) и в двух исследовательских – 2 (100 м) и 2пр (300 м).

В скважине 2 на всех горизонтах обнаружены аномальные концентрации метана от 0,01 до 0,035 мл/л, этана - более 1000 нл/л, пропана - около 200 нл/л и бутана - около 300 нл/л. Кроме большого количества углеводородных газов, в воде содержится аномалия углекислого газа (30 - 50 мл/л). Количество тяжелых углеводородов превышает их фоновые концентрации в

1000 и более раз, метана – в 100 раз, углекислого газа – в 30 - 50 раз. При отборе проб в воде скважины выделялись пузыри газа. Кроме того, состав газа и концентрация в нем метана в скважине 2, на протяжении нескольких лет (2000 – 2005 гг.) менялись не значительно (рис. 6).

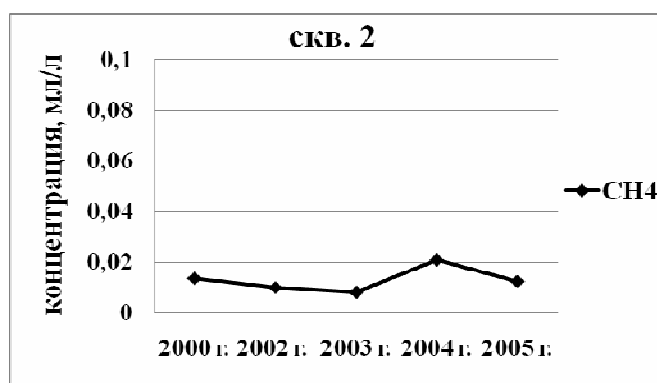


Рис. 6. График изменения концентрации CH₄ в скважине 2 с 2000 по 2005 гг.

В Хасанском районе газовая составляющая определялась в подземных водах в гидрогеологических скважинах, родниках, колодцах, в воде поверхностных водотоков, озерах как пресных, так и соленых, в морской воде.

В воде скважин обнаружены очень высокие концентрации метана 100000 - 4700000 нл/л (4,7 мл/л), этана, пропана, бутана (по 1000 и более нл/л). Эти аномальные содержания превышают фоновые концентрации в 1000 - 100000 раз. Десятилетние наблюдения за изменением газового состава в воде этих скважин показало его постоянство за этот период и некоторое увеличение метана в 1997-1998 и 2002-2003 годы. В пробе воды скважины 45, отобранной в ноябре 2003 г., на поверхности содержалось 13,8 мл/л, а на глубине 8 м – 7,8мл/л. Существенных различий в составе газа проб воды, отобранных в летний (август, 1997) и зимний (февраль, 1998) периоды не наблюдалось.

Таким образом, приведенные данные по скважинам показали наличие подтока метана и тяжелых углеводородов из недр к поверхности из пород фундамента. Это подтверждается наличием аномальных концентраций тяжелых углеводородов, схожестью состава газа в летний и зимний периоды, так как микробные процессы образования метана зимой замедлены, и его концентрация зимой бы уменьшилась.

Шестая глава посвящена рекомендации мероприятий, необходимых для снижения экологической опасности, связанной с выходами шахтных газов на поверхность.

Для уменьшения негативного влияния шахтных газов на экологическую ситуацию региона предлагается изолирование районов жизнедеятельности от потоков загрязненных вод и газов и извлечение газа (метана) из шахтных полей с последующим его использованием как углеводородное сырье (третье защищаемое положение).

Сооружение водоотливных комплексов на определенных горизонтах затопливаемых шахт позволит разгрузить шахтные воды в речную сеть.

Бурение дополнительных скважин обеспечит организованный выход газа, что существенно сократит появление метана и углекислого газа в подвальных помещениях и прочих сооружениях.

Регулярные проветривания помещений, непрерывный контроль газовой обстановки и информирование населения о состоянии окружающей среды в районе их проживания позволит снизить опасность жизнедеятельности людей.

Особое внимание, на сегодняшний день, необходимо уделить утилизации угольного метана, так как большинство ликвидированных шахт юга Приморья обладают высокими (более 40 млрд м³) запасами метана и его использование могло бы значительно снизить негативное воздействие на экологию района, уменьшить поступление «тепличных» газов в атмосферу, влияющих на глобальные процессы изменения (потепления) климата, а также улучшить обстановку в топливно-энергетическом комплексе края.

На юге Приморья задача перспективной газодобычи метана угольных месторождений, может быть решена на объектах Партизанского и Угловского бассейнов, Подгородненского месторождения.

Обоснованием экологической опасности и возможности ее уменьшения посредством добычи метана на рекомендуемых участках являются следующие факторы и критерии:

- высокая метаноносность угольных пластов, достигающая 13 - 26 м³/т.с.б.м.;
- высокое содержание метана в газовой смеси (до 99,9 %);
- небольшая мощность зоны газового выветривания, составляющая на участках перспективной газодобычи в среднем 110-240 м;
- большое количество случаев свободных и внезапных газопроявлений уже на верхних горизонтах;
- наличие в угленосной толще значительных геолого-структурных ловушек для газовых скоплений;
- высокая плотность ресурсов метана на рекомендуемых участках, достигающая 100 и более млн. м³/км²;
- значительные ресурсы метана в угольных пластах (более 40 млрд. м³);
- относительно высокие значения начальной скорости газоотдачи и газопроницаемости углей;
- высокая относительная метанообильность подземных горных выработок ликвидированных шахт (более 30 - 115 м³/т.с.д.);
- повышенная метанонасыщенность подстилающих угленосную свиту отложений;
- благоприятные для газодобычи на рекомендуемых участках геологические условия (коллекторские свойства углей и вмещающих пород, гидрогеологические условия и др.);
- степень геологической изученности месторождений.

Следует отметить, что утилизация 510 м³ метана даёт экономию одной тонны энергетического угля и сокращает на 55 кг экологически вредные и токсичные выбросы в атмосферу, то есть уменьшает антропогенную нагрузку на атмосферу юга Приморья и прилегающих районов - на 1,937 млн.т вредных, токсичных и канцерогенных веществ, выделяющихся при сжигания угля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая диссертационная работа является научным трудом, в котором автором решается актуальная задача распределения газо-геохимических полей в районе угольных месторождений, в особенности ликвидированных шахт, и выявления их влияния на экологическое состояние окружающей среды и жизнедеятельность людей в зоне влияния этих месторождений.

Основные выводы, научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

- Уточнены закономерности распределения газо-геохимических полей на угольных месторождениях южного Приморья. Определена взаимосвязь газовой зональности с метаноносностью углей и динамикой выброса угля и газа.

- Уточнена взаимосвязь компонентного состава шахтных газов с особенностями геологических факторов на угольных месторождениях южного Приморья. При сопряжении угольных отложений с интрузивными комплексами (Партизанский бассейн) проявляется смесь газов (СН₄, ТУ, СО₂, Н₂, N₂ и др.); в зонах разломов преимущественно наблюдается метан.

- Установлены опасные и угрожаемые газо-геохимические поля (по концентрации метана и углекислого газа в подпочвенном слое) в зоне влияния Угловского буроугольного бассейна.

- Проведённый анализ экологического состояния территории, изучение происхождения и динамики изменения потока метана являются информативной базой для составления прогнозов появления газа на поверхности и возникновения угрозы опасности жизнедеятельности людей.

- Обоснованы и рекомендованы мероприятия по улучшению экологической обстановки в зоне влияния шахт угольных месторождений южного Приморья и обеспечению безопасности жизнедеятельности населения.

Основные публикации по теме диссертации

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК РФ:

1. Обжиров А.И., Пестрикова Н.Л., Шакиров А.И., Верещагина О.Ф., Сорочинская А.В., Гресов А.И., Агеев А.А., Веникова А.Л., Яновская О.С., Коровицкая Е.В. Районы газогидратопроявления в пределах Охотского моря. // Вестник ДВО РАН. Владивосток: Дальнаука. 2007. №1. С. 42-51. ISBN 0869-7698.

2. Гресов А.И., Обжиров А.И., Коровицкая Е.В., Шакиров Р.Б. Метаноносность и перспективы освоения ресурсов метана угольных пластов бассейнов юга Дальнего Востока. // Тихоокеанская геология, том 28, № 2, 2009 г. С. 103-116.

Статьи в других журналах и монографиях.

3. Обжиров А.И., Агеев А.А., Шакиров Р.Б., Пестрикова Н.Л., Веникова А.Л., Яновская О.С., Коровицкая Е.В., Сорочинская А.В., Веселов О.В.. Газовые гидраты в Охотском море. Их экономическое и экологическое значение. // Научно-технический журнал о проблемах освоения мирового океана «Подводные технологии и мир океана». Москва: Изд-во ФГУП МКБ «Электрон». 2005. № 1. май-июнь. С. 16-23.
4. Обжиров А.И., Верещагина О.Ф., Агеев А.А., Шакиров Р.Б., Пестрикова Н.Л., Веникова А.Л., Яновская О.С., Коровицкая Е.В., Сорочинская А.В., Веселов О.В.. Геоэкология газовых гидратов в охотском море.// Научно-технический журнал о проблемах освоения мирового океана «Подводные технологии. Глубины океана – наша гигантская лаборатория». Владивосток: Изд-во «Дальнаука». 2005. № 1. С. 47-58.
5. Гресов А.И., Обжиров А.И., Коровицкая Е.В., Яновская О.С. Метан угольных бассейнов и месторождений юга Дальнего Востока, перспективы его извлечения и использования в энергетических целях и других отраслях промышленности. // Материалы Тихоокеанского энергетического форума "ТЭФ - 2005". ЦСИ ТЭК ДВ (центр стратегических исследований топливно-энергетического комплекса Дальнего Востока). Владивосток. 2005. С. 69-76.
6. Obzhirov A.I., Ageev A.A., Shakirov R.B., Pestrikova N.L., Venikova A.L., Yanovskaya O.S., Korovitskaya E.V., Sorochinskaya A.V., Veselov O.V. Gas-hydrates in the Okhotsk Sea: economical and ecological significance. // Underwater technology and ocean world. Scientific and technical journal about world ocean resources development. Moscow, "Electron". 2006. № 1. P. 52-60.
7. Обжиров А.И., Гресов А.И., Шакиров Р.Б., Агеев А.А., Верещагина О.Ф., Яновская О.С., Пестрикова Н.Л., Коровицкая Е.В., Дружинин В.В. Метанопроявления и перспективы нефтегазоносности Приморского края. // Владивосток: Дальнаука, 2007. 167 с. ISBN 978-5-8044-0756-9.
8. Обжиров А.И., Гресов А.И., Коровицкая Е.В., Пикуль В.В., Горбачев К.П., Шакиров Р.Б. Перспективы добычи метана угольных месторождений Приморья. // Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2008 – 107 с. ISBN 978-5-7596-1075-5.