

УДК 622.411.332.023.623

В.Н. Труфанов, М.И. Гамов, В.Г. Рылов
(Геотехцентр-Юг РГУ);
Б.И. Журбицкий, Г.К. Карасев
(ВНИГРИуголь);
А.А. Мальшев (ЦМСЭП Восточного
Донбасса, Россия)

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
ОСВОЕНИЯ РЕСУРСОВ УГОЛЬНОГО МЕТАНА
(НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА)**

Розглянуто геоекологічні та технологічні проблеми освоєння ресурсів вугільного метану на шахтних полях Східного Донбасу.

**GEOLOGICAL, ECOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL PROBLEMS
OF THE COAL METHANE DEVELOPMENT
(CASE OF EASTERN DONBASS)**

The purpose is to discuss geological, ecological and technological problems of the coal methane capture in the mines of Eastern Donbass.

Масштабная реструктуризация предприятий угольной промышленности Восточного Донбасса, завершившаяся фактически ликвидацией более 40 угольных шахт Ростовской области, привела к значительному ухудшению экологической обстановки в регионе, обусловила появление новых, ранее неизвестных негативных последствий трудно контролируемых процессов затопления горных выработок, подъема уровня подземных вод, дегазации выработанного пространства и прогрессирующего загрязнения территории тяжелыми металлами, метаном, CO₂, CO, H₂S, S O₂ и другими токсичными газами.

Эти процессы и явления создают реальную угрозу жизнедеятельности населения шахтерских поселков имеют долгосрочный характер, что требует принятия соответствующих мер по улучшению экологической ситуации в районах ликвидируемых угольных предприятий и предотвращению дальнейшего развития

отмеченных негативных последствий.

Анализ геодинамической и газо-гидрогеологической обстановок в пределах горных отводов ряда ликвидируемых угольных шахт Восточного Донбасса показывает, что стандартные подходы к экологическому мониторингу окружающей среды недостаточно эффективны для получения объективной информации о состоянии природных экосистем и, самое главное, не учитывают геотехнологические аспекты этой актуальной проблемы.

Вместе с тем очевидно, что одни констатирующие методы экологических исследований не могут обеспечить активного противодействия указанным и другим отрицательным процессам, связанным с ликвидацией угольных шахт.

Необходимо использовать эффективные геотехнологические способы прогнозирования и предотвращения этих процессов, основанные на современных технологических приемах и методах компьютерного моделирования, объемной визуализации исследуемых объектов и минимизации негативных последствий затопления угольных шахт.

Рассмотрим эти важные в методологическом и практическом отношении вопросы на основе анализа результатов геоэкологических исследований, проведенных нами в последние годы на ряде шахтных полей Восточного Донбасса.

В массиве угленосных пород Восточного Донбасса в связанном и свободном состоянии содержится до 5500 млрд. м³ метана. Часть его общих объемов находится в угольных пластах. По расчетным данным института ВНИГРИУголь, ресурсы метана в рабочих угольных пластах и пластах-спутниках Восточного Донбасса составляют около 100 млрд. м³, а пригодные для извлечения и утилизации запасы - 30- 50 млрд. м³ [1]. В выработанном пространстве 10 закрытых шахт содержится более 50 млн. м³ извлекаемого метана (табл. 1). При определенных условиях этот газ может служить и как полезное ископаемое (экологически чистый энергоноситель), и как фактор экологических загрязнений.

Таблица 1 - Ресурсы метана в выработанном пространстве закрытых шахт Восточного Донбасса

№ п/п	Шахта	Год ввода	Год закр	Глубина подсчета/отраб-ка, м	Марка	Газо-нос. м ³ /т	Прогнозные Объемы шахтного газа (млн. м ³)
1	Донецкая	1955	1997	235/235	Ж		6
2	Тацинская	1943	1997	1700/370	Т	32	7
3	Краснодонецкая-Синегорская	1955	1995	750/560	А	36	15
4	Восточная	1964	1999	700/400	К,ОС	10	12
5	Горняцкая	1949	1996	480/468	К,Т,ОС		15.4
6	Центральная	1946	1996	780/755	К,ОС	16	6
7	Изваринская	1948	1997	640/450	К	19	4
8	Гундоровская	1940	1997	/490	Ж	17	4
9	№5 БК ШУ	1926 1955	1998	1100/650	ОС	27	3

По площади бассейна распределение объемов газа подчинено определенным закономерностям и неравномерно. На рис. 1 показаны области территории В. Донбасса, где газоносность рабочих пластов превышает 30 м^3 метана на тонну углей и где могут быть выделены участки для опробования технологий его извлечения и утилизации. Один из таких участков с ресурсами газа 5.5 млрд. м^3 (на рис. 1 он показан штриховкой) в результате специальных исследований в 1996 году был рекомендован для организации Краснодонецкого опытного полигона по отработке методов и технических средств добычи и утилизации угольного метана [2].

Ситуация в районе планируемого опытного полигона существенно изменилась в 1998 году после закрытия ШУ «Краснодонецкое» и прекращения откачки воды. Запасы уже накопленного и продолжающего поступать в горные выработки газа в объеме более 15 млн. м^3 так или иначе будут вытеснены водой на поверхность. Какая-то часть этих газов неизбежно попадет в жилые и подсобные помещения, создавая при этом реальную опасность для проживающих здесь людей.

Необходимость в серьезной оценке состояния природной среды и безопасности проживания населения на горном отводе шахты «Краснодонецкой» вытекает из анализа совокупности негативных геолого-экологических факторов. На рис. 2 демонстрируется относительное расположение, взаимозависимость и взаимное влияние зон максимальной газоносности с участками подсчета запасов метана, площадями шахтной подработки и территориями поселков. Полоса остаточной шахтной пустотности на южном крыле Краснодонецкой синклинали протяженностью 18 км и шириной $2-3 \text{ км}$ ($10-15 \text{ млн. м}^3$) будет служить постоянной емкостью для разгрузки метана из ее замковой части. Шахтные газы, в свою очередь, будут мигрировать вверх по массиву, а также поднимающейся водой выдавливаться к поверхности, в том числе и на территории жилых поселков.

Более или менее систематическое изучение экологической обстановки начато с 1999-2000 гг. институтом ВНИГРИуголь (газо-геофизические съемки по профилям и площадкам), «Геотехцентром-Юг» Ростовского госуниверситета и Санитарно-промышленной лабораторией ОАО «Ростовуголь» (газовое опробование подвалов, вентиляционных скважин, приповерхностных горных выработок). Комплексные газо-геофизические съемки осуществлялись по двум опорным профилям - продольному № 1 длиной 8.8 км , проходящему через все шахтное поле вдоль простирания пород в $50-100 \text{ м}$ по падению от выходов угольного пласта m_8^1 ; поперечному № 2, длиной 2.5 км , секущему простирание пород и проходящему в пос. Синегорский по улицам Маяковского, а также по улицам Крайней и др.

В комплекс исследований входили следующие виды работ:

– опробование и определение состава выделяющихся газов в серии наблюдательных пунктов, расположенных по опорным профилям, методами экспресс-анализа на месте с помощью прибора ПГА-7, а также методами отбора проб «мокрым» способом с последующим их анализом на газовом хроматогра-

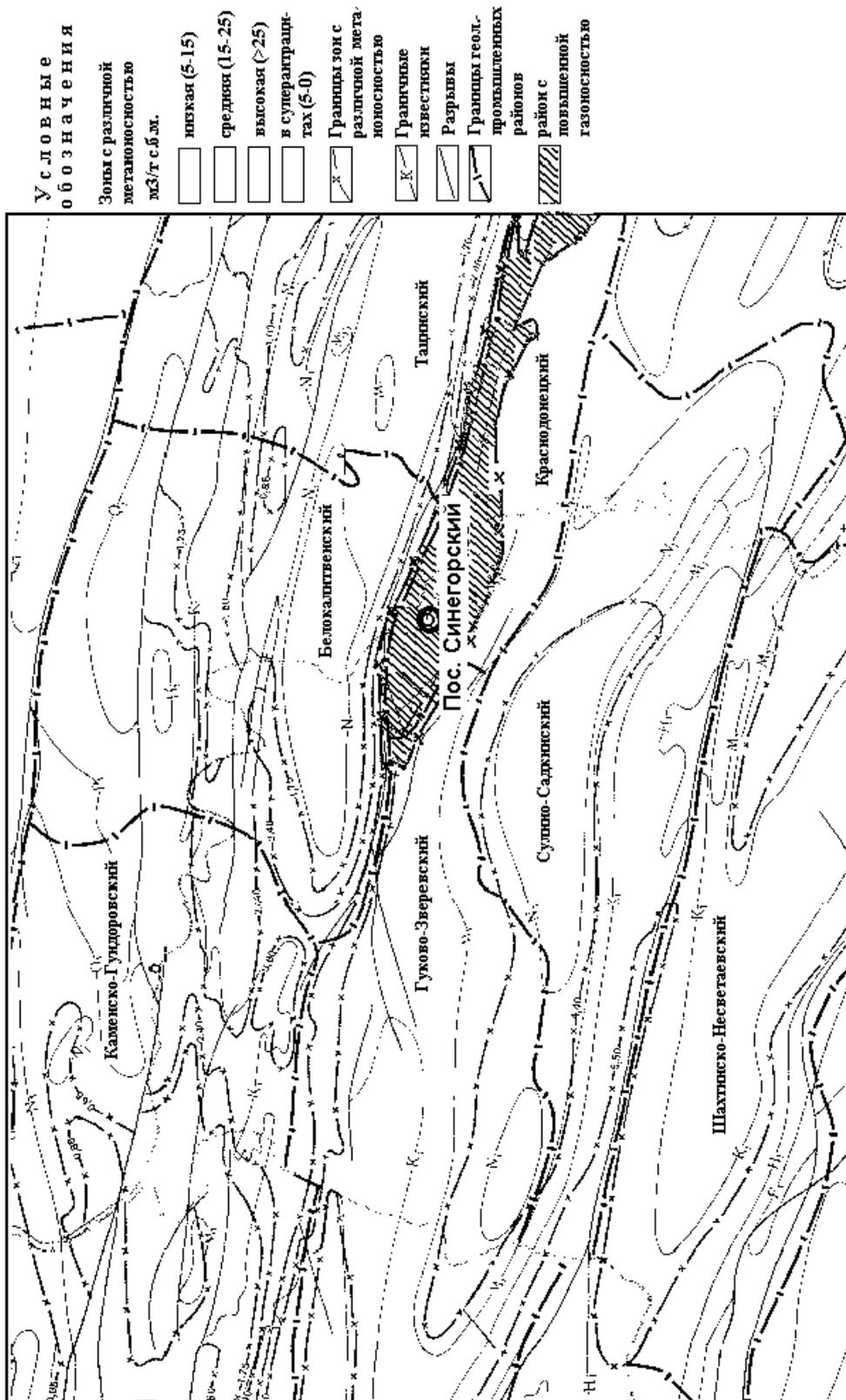
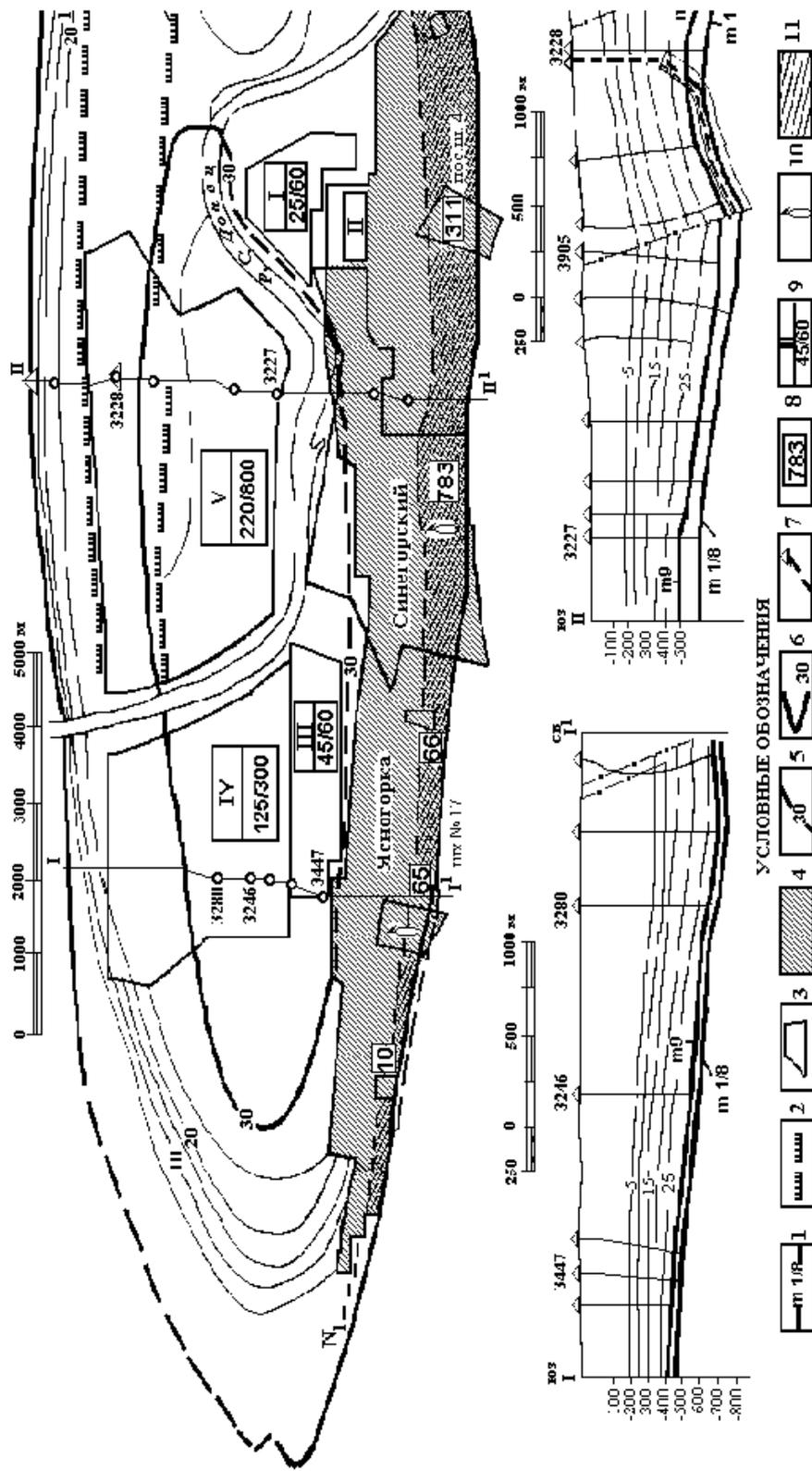


Рис. 1 – Карта газоносности угольных пластов Донецкого бассейна



1 - выход угольного пласта m_8^1 ; 2 - основные разломы; 3 - поселки; 4 - площадь подработки; 5 - изолинии газоносности угольного пласта (в плане и разрезах); 6 - область максимальной газоносности; 7 - рекомендуемые скважины для добычи метана; 8 - количество пустот с подвалами; 9 - рекомендуемые площади для добычи метана: номер, ресурсы в рабочих и нерабочих пластах, млн. т³; 10 - «опасные» по газу зону по данным газового опробования; 11 - «угрожаемые» по газовойделению площади выходов проницаемого песчаника

фе в лабораторных условиях;

- выявление участков с опасным содержанием горючих и токсичных газов в почве путем газовых съемок покровных отложений и методом газовой хроматографического анализа площадных литогеохимических проб на вакуумном декриптографе ВД-5, спаренном с хроматографом ЛХМД-80;

- выявление скрытых пустот, мест возможных просадок грунтов, тектонических и техногенных зон нарушенности пород путем проведения геофизических съемок методами ЭМП и КС;

- выявление участков возможной инфильтрации и разгрузки подземных вод, зон дренирования газов методами низкочастотного естественного электрического поля (ЕП), вертикального электроразведывания (ВЭЗ) и радиометрического контроля (РА) с применением стандартных приборов и оборудования.

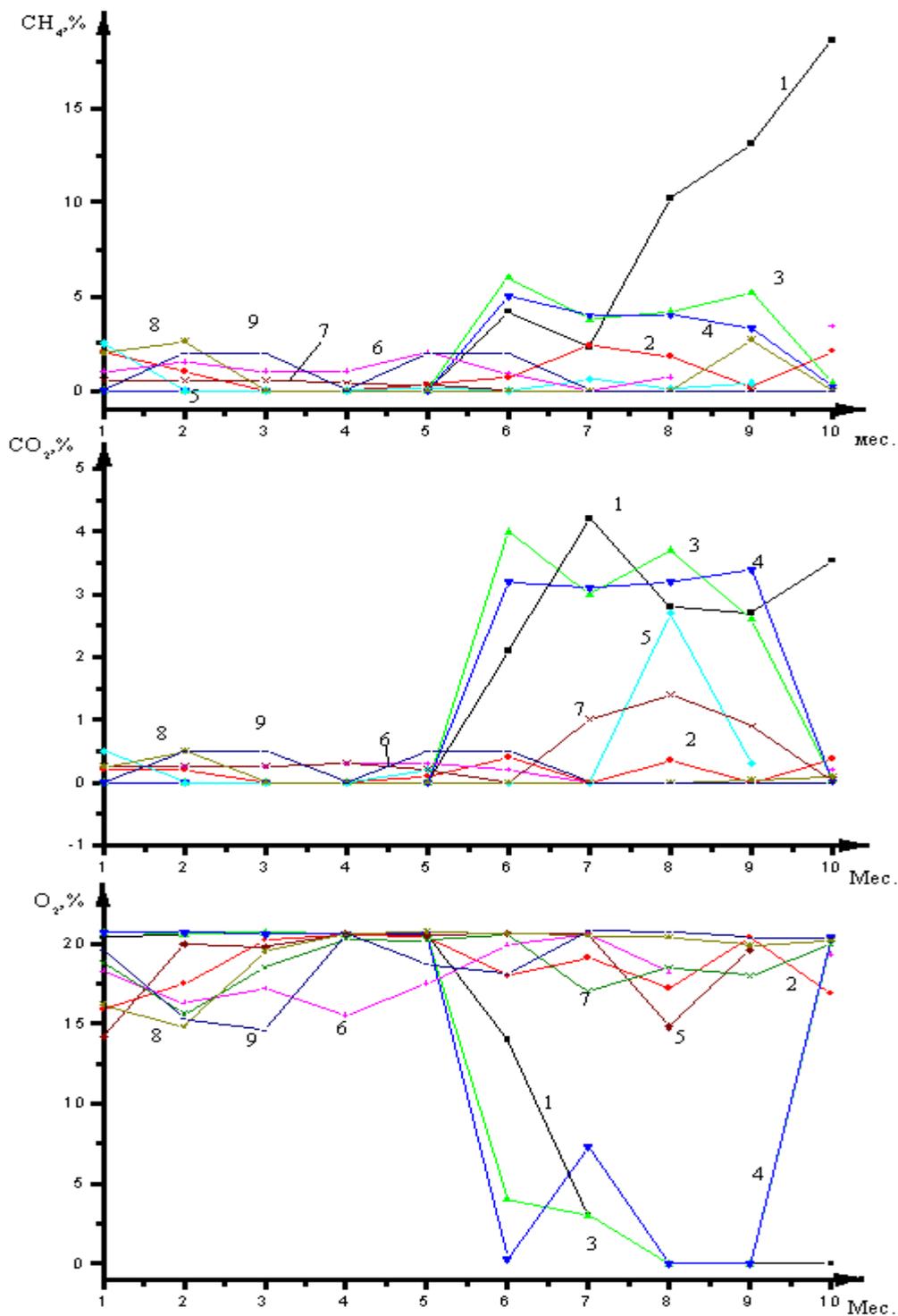
Непосредственными экспресс-замерами состава газов в покровных отложениях, а также контрольными анализами селективных проб газов из почвенной атмосферы в лабораторных условиях установлено, что на исследованной площади имеются до 10 участков с аномально высокими выделениями шахтных газов (по лабораторным данным - до 25-27 % метана, 15-16 % CO₂, 0,5-1,0 % CO и менее 8-7 % кислорода).

Состояние метановой загазованности заглубленных помещений в поселке Синегорском контролируется с разной степенью детальности с 1999 года сотрудниками санитарно-промышленной лаборатории ОАО «Ростовуголь». По представляемым лабораторией сводным данным, за время наблюдений опасных газовых проявлений в заглубленных помещениях не установлено, а в вентиляционных скважинах опасные концентрации отмечается только по вентиляционному шурфу № 1 (Рис. 3). Это послужило основанием к тому, что при рассмотрении составленного институтом ВНИГРИ уголь рабочего проекта экологического мониторинга, экспертами ГУРШ был сделан вывод о якобы необоснованных завышенных объемах газового мониторинга, ввиду того, что «...основное газовыделение приурочено к участкам выходов горных выработок на поверхность, а данных о загазованности жилых и производственных помещений не установлено»).

Вместе с тем, выявленные наземными съемками в покровных отложениях зоны аномального газосодержания и произошедший в поселке Синегорском несчастный случай (при газовом обследовании неглубокой заброшенной горной выработки в балке Зубревой погиб сотрудник службы мониторинга ОАО «Ростовуголь») свидетельствуют о том, что реальная газовая опасность для населения здесь существует.

На рис. 4 приведены результаты газового мониторинга по опорному профилю 1, проходящему вдоль всего шахтного поля, в 50 - 100 м по падению от выхода рабочего угольного пласта. Из приведенных материалов следует, что в покровных отложениях фиксируются вытянутые узкие (30-50 м) газовые аномалии с содержанием метана до 6 %, углекислого газа - до 3,5 %, кислорода - менее 3 % (данные экспресс-анализа прибором ПГА-7). Газодинамические процессы в целом пока еще нестабильны, но основные аномальные зоны сохраня-

ются (район сбойки 5, балки Зубревой, сбойка 7 и др.), хорошо выражены и в июле, и в октябре 2000 г. (см. рис. 3, А. Б).



Привязка графиков к объектам наблюдений:

- 1-вентиляционный шурф № 1; 2 - вент. ствол № 1; 3 - ствол № 6; 4 - ствол № 7;
- 5 - сбойка № 3; 6 - скважина № 45; 7 – сбойка шахты Фабиянова;
- 8 – вспомогательный ствол; 9 - ствол № 3.

Рис. 3 – Изменение содержания метана, углекислого газа и кислорода в вентиляционных скважинах в течение 2000 года по месяцам (пос. Синегорский)

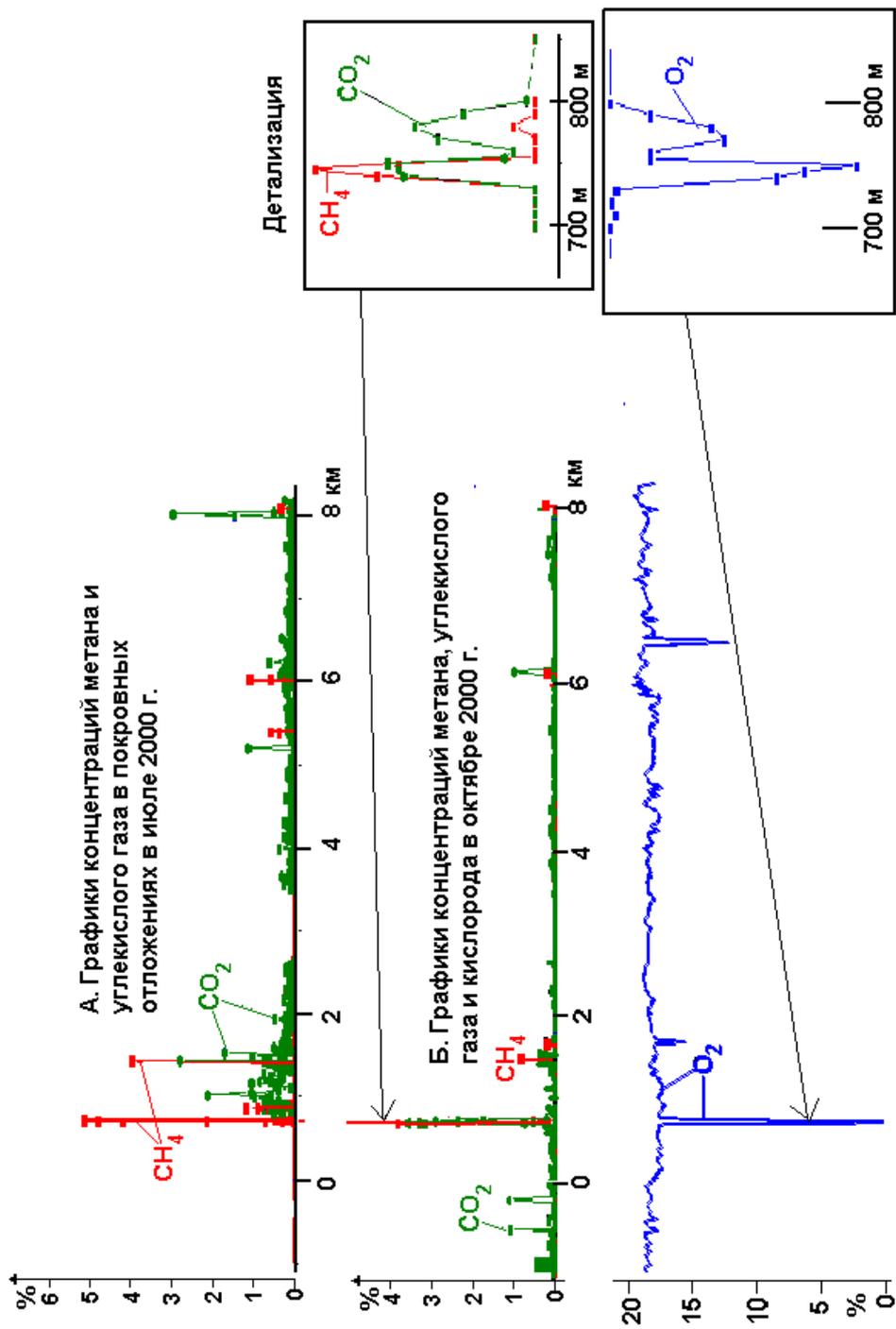


Рис. 4 – Результаты газового мониторинга покровных отложений в июле-октябре 2000 г. по опорному профилю 1 (вдоль простираения пород поля шахты «Краснодонской» ОАО «Ростовуголь»)

На рисунке 5 приведены результаты детализации газовой аномалии в районе сбойки 5. Здесь хорошо видно, что аномальные содержания метана (до 6 %), углекислого газа (до 3 %), кислорода (менее 2 %), охватывают жилое подворье и аномальная загазованность участка представляет реальную угрозу для проживания. Аналогичные зоны газовой зараженности («опасные» по классификации инструкции 1998 г. [4]) выявлены в поселке Синегорском на улицах Маяковского, Крайней и в других местах, хотя газовые съемки были выборочными. Для восстановления полной картины распределения газодинамических зон и динамики газовых потоков в них необходимо проведение систематических площадных газо-геофизических съемок на всей площади жилых поселков горного отвода.

Расчетное время затопления шахты «Краснодонецкой», в соответствии с рабочим проектом экологического мониторинга [3], составляет 4-5 и более лет, поэтому в настоящее время поршневой эффект на динамику загазованности покровных отложений и помещений поселков существенного влияния не оказывает. Однако через 2-3 года, по мере подъема уровня воды, объемы вытесняемых на поверхность шахтных газов возрастет на порядки и поступающий газ будет представлять серьезную экологическую угрозу.

При этом следует учитывать, что отработанное шахтой «Краснодонецкой» горное пространство закупорено, оборудованные при ликвидации горных выработок «вентиляционные» скважины фактически непроходимы, затампонированы начиная с глубин 3-5 м (за исключением вентиляционного шурфа № 1, см. рис. 3). При естественной же разгрузке сжатого газа процесс может растянуться на десятилетия. Об этом, в частности, свидетельствует тот факт, что на территории закрытой в 40-х годах шахты № 17 и сейчас отмечается повышенное содержание метана и токсичных газов (до 5 % метана, 3 % углекислого газа, 0–5 % кислорода).

По нашему мнению, для обеспечения безопасности проживания населения жилых поселков на горном отводе шахты «Краснодонецкой» необходимо, во-первых, обеспечить непрерывный, полный и достоверный газовый контроль, и, во-вторых, выполнить принудительную дегазацию отработанного горного пространства.

Учитывая конкретную газо-геологическую обстановку в рассматриваемом районе, целесообразно по возможности объединить оба аспекта газоносности-газовой безопасности и возможной утилизации угольного метана- в один проект.

Для оценки возможности и эффективности добычи угольного метана выполнен детальный анализ всех имеющихся геолого-геофизических данных, полученных ранее при разведке и эксплуатации Краснодонецкого месторождения. Построена объемная геодинамическая модель формирования месторождения, определены прогнозные ресурсы угольного метана (более 5 млрд. м³), выявлены аномальные участки (блоки) высокой газоносности (до 40-42 м³/т) угольных пластов.

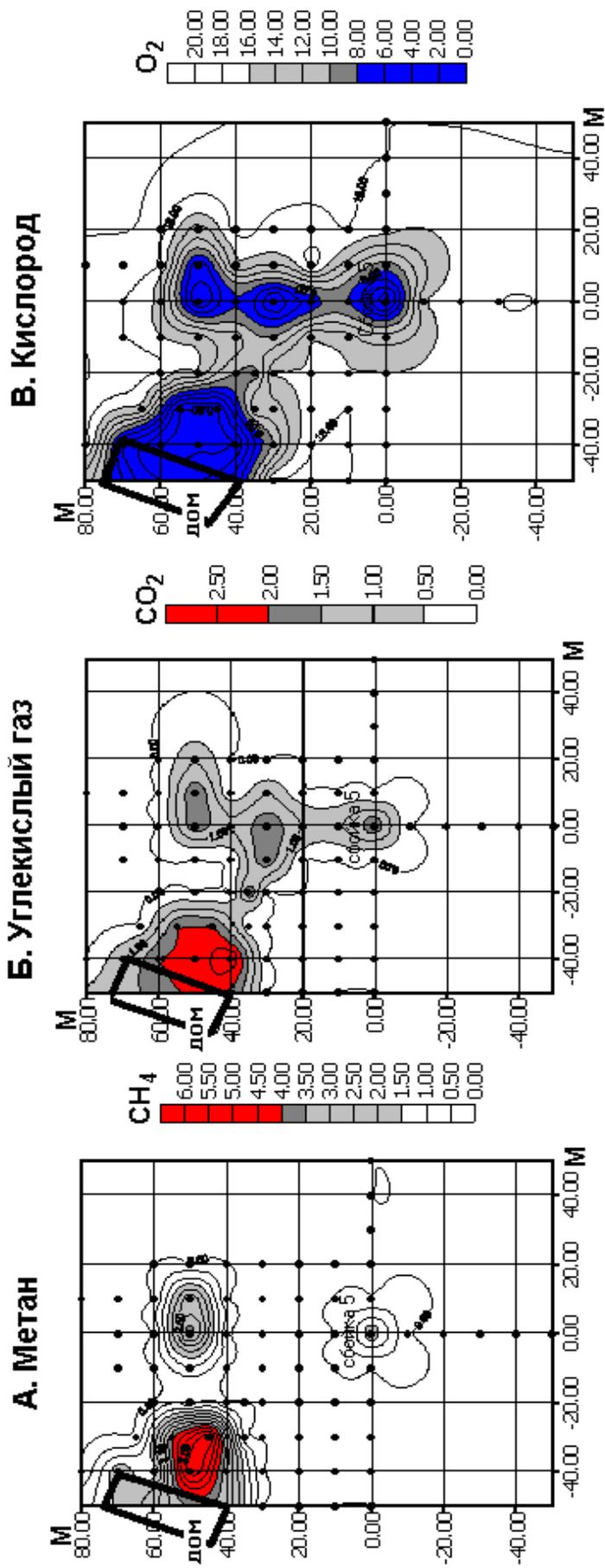


Рис. 5 – Результаты детальной газовой съемки по покровным отложениям вблизи сбойки 5 угольной шахты "Краснодонской" (Вост. Донбасс). Поселок Синегорский Белокалитвинского р-на Ростовской обл.

Важной особенностью тектонического строения рассматриваемой угленосной площади является присутствие так называемых «зон флюидизации», выявленных в последние годы в результате работ сотрудников «Геотехцентра-Юг» РГУ. Эти зоны представляют собой линейно вытянутые вдоль тектонических нарушений зоны нарушения угольного пласта с аномально высокими значениями газоносности и потенциальной выбросоопасности, обусловленной глубокими молекулярно-структурными изменениями практически всех свойств угольного вещества в результате процесса низко-среднетемпературного метасоматоза под воздействием глубинных водно-метановых флюидов.

Ширина зон флюидизации, в которых отмечалось увеличение метанообильности в 2-3 раза по сравнению с средне-фоновыми значениями, варьирует от 150 до 300 м, при этом их длина по простиранию достигает 2-3 км. Именно к таким участкам и были приурочены наиболее мощные внезапные углегазовые выбросы, а также суфлярные выделения углеводородных газов при эксплуатации Краснодонецкого месторождения. С учетом новых данных можно заключить, что совокупное количество свободного и сорбированного газа в нарушенном горном массиве достигает 150-200 млн. м³, что в целом позволяет сделать вывод о длительных, многолетних сроках возможной эмиссии метана.

Таким образом, для предотвращения опасных газодинамических последствий ликвидации шахты «Краснодонецкая», с одной стороны, и для «перехвата» и утилизации газовых потоков (особенно в пределах выявленных аномальных зон флюидизации угольных пластов), с другой стороны, необходимо предусмотреть дополнительный объем работ по бурению 3-х дегазационных и 2-х испытательных (тестовых) скважин.

На первом этапе работ целесообразно пробурить две тестовые дегазационные скважины в наиболее опасных по газовыделению зонах, выявленных в районе пос. Синегорского и Углекаменного. В последующем, на основе полученных данных, возможно понадобится необходимость в расширении фронта превентивных мероприятий по улучшению экологической ситуации в районе на основе бурения 3-х дегазационных скважин и утилизации получаемого метана для бытовых и производственных целей.

Наиболее важным геотехнологическим аспектом экологического мониторинга являются создание систем превентивной дегазации угольных пластов и выработанного пространства в пределах закрываемых шахтных полей с локализацией, утилизацией и практическим использованием угольного метана.

Большое значение имеет также прогнозирование развития отрицательных геодинамических явлений, связанных с просадками кровли подземных выработок. Для этих целей необходимо привлечение классических и новых методов геофизической экологии и геомеханики.

Не менее значительным представляется прогнозирование и дезактивация опасных физико-химических процессов взаимодействия шахтных вод с высокоактивными обнаженными поверхностями разрушенных угольных пластов и вмещающих пород.

Четвертым направлением геотехнологического мониторинга является термоба-

рогеохимическое моделирование состояния углепородного массива и породных отвалов угольных шахт, находящихся в разных стадиях автотрансформации, с целью прогнозирования возможных направлений комплексного использования и снижения нагрузки на окружающую среду.

Наконец, пятое направление экологических работ по данной проблеме состоит в обнаружении геопатогенных зон и энергетических аномалий с целью прогнозирования и предотвращения их негативного влияния на окружающую среду и состояние здоровья населения шахтерских поселков.

Конечным итогом геотехнологического мониторинга является создание комплексной компьютерной модели коллективной безопасности в пределах ликвидируемых угольных предприятий, включающей все отмеченные выше блоки обеспечения нормального состояния окружающей среды и функционирования природных и техногенных экосистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценить ресурсы углеводородных газов в Донецком и Кузнецком бассейнах по состоянию на 01.01.1989г. Отчет по объекту N 56 за 1987-1989гг в 2-х книгах. Книга 1. Пояснительная записка. Отв. исп. Г.К. Карасев, Ростов-на-Дону, 1989., 174 с.

2. Оценка влияния горно-геологических факторов на извлечение метана из угленосных отложений и составление требований на разработку обоснований инвестиций на создание опытно-промышленного полигона по исследованию и опробованию новых технологий извлечения метана угольных пластов. Отчет по объекту N 349 Д за 1996г. Науч. рук. Б.В. Смирнов, Ростов-на-Дону, 1996., 34 с.

3. Инструкция о порядке контроля за выделением газов на земную поверхность при ликвидации шахт., Кемерово, 1998., 35 с.

4. Рабочий проект экологического мониторинга и мероприятий по предотвращению опасных последствий ликвидации шахты «Краснодонецкая». Пояснительная записка. Отв. исп. Б.И. Журбицкий, Ростов-на-Дону, 2000.

5. Рабочий проект экологического мониторинга и мероприятий по предотвращению опасных последствий ликвидации шахты «Краснодонецкая». Сводный, объектные и локальные сметные расчеты. Отв. исп. Б.И. Журбицкий, Ростов-на-Дону, 2000., 109 с.