

References

1. Popkov V. I. Vnutriplitnye struktury bokovogo szhatija / V. I. Popkov // Geotektonika. – 1991. – № 2. – S. 13–27.
2. Popkov V. I. Glubinnye struktury Aralo-Kaspijskogo regiona i ih razvitie v novjshee vremja / V. I. Popkov // Neotektonicheskie issledovanija pri geologicheskom kartirovanii. – M., 1988. – S. 16–18.
3. Popkov V. I. Novejsnjaja geodinamika Aralo-Kaspijskogo regiona / V. I. Popkov // Vuzovskaja nauka – Severo-Kavkazskomu regionu : mat-ly VI Region. nauch.-tehn. konf. – Stavropol' : SevKavGTU, 2002. – T. 4.1. – S. 40–41.
4. Popkov V. I. Novejsnie tektonicheskie dislokacii i sejsmicheskaja opasnost' Skifsko-Turanskoj platformy / V. I. Popkov // Materialy XXX nauchno-tehnicheskoi konferencii po rezul'tatam raboty professorsko-prepodavatel'skogo sostava, aspirantov i studentov SevKavGTU za 1999 god. – Stavropol' : SevKavGTU, 2000. – S. 33–34.
5. Popkov V. I. Skladchato-nadvigovye dislokacii / V. I. Popkov. – M. : Nauchnyj mir, 2002.
6. Popkov V. I. Cheshujchato-nadvigovye i skladchatye dislokacii zapada Turanskoj plity / V. I. Popkov // Vjul. MOIP. Otd. geol. – 1991. – T. 66, vyp. 6. – S. 32–43.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ И ГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НА АСТРАХАНСКОМ ГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Федорова Надежда Федоровна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Астраханский государственный университет, 414000, Россия, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: geologi2007@yandex.ru

Мерчева Валентина Сергеевна, кандидат технических наук, Астраханский государственный университет, 414000, Россия, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: geologi2007@yandex.ru

Быстрова Инна Владимировна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Астраханский государственный университет, 414000, Россия, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: geologi2007@yandex.ru

Серебрякова Валентина Ивановна, старший преподаватель, Астраханский инженерно-строительный институт, 414052, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 18, e-mail: geologi2007@yandex.ru

В статье приведены результаты анализа геолого-геохимического мониторинга на Астраханском газоконденсатном месторождении. Существуют различные методы контроля разрабатываемых месторождений. Выбор метода зависит от поставленной цели. Наиболее обоснованным для обеспечения безопасности и надежности рабработки АГКМ является геохимический метод. В статье проанализированы результаты использования этого метода. Полученные данные могут быть использованы для проведения мониторинга месторождений, что обеспечит безаварийную эксплуатацию промысловых объектов.

Ключевые слова: мониторинг, геохимический метод, литосфера, гелий, гелиевая аномалия, миграция.

GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL MONITORING OF ASTRAKHAN GAS CONDENSATE DEPOSIT

Fedorova Nadezda F., C.Sc. in Geology and Minerology, Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyan sq., Astrakhan, 414000, Russia, e-mail: geologi2007@yandex.ru

Mercheva Valentina S., C.Sc. in Technic, Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyan sq., Astrakhan, 414000, Russia, e-mail: geologi2007@yandex.ru

Bystrova Innna V., C.Sc. in Geology and Minerology, Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyan sq., Astrakhan, 414000, Russia, e-mail: geologi2007@yandex.ru

Serebryakova Valentina I., Senior Lecturer, Astrakhan Institute of Civil Engineering, 18 Tatischev st., Astrakhan, 414052, Russia, e-mail: geologi2007@yandex.ru

The results of the analysis of geological and geochemical monitoring of the Astrakhan gas condensate field. There are various methods to control the producing fields. The choice of method depends on the goal. The most justified to ensure the safety and reliability is rabrabotki AGKM geochemical method. The article analyzes the results of using this method. The data obtained can be used to monitor the fields that will provide trouble-free operation of commercial facilities.

Key words: *monitoring, geo-chemical method, the lithosphere, helium, helium anomaly, migration.*

Геолого-геохимический мониторинг территорий разрабатываемых месторождений – это система регулярных наблюдений для оценки состояния окружающей природной среды и геотектонических систем, анализа происходящих в них процессов с целью своевременного их выявления и обеспечения безаварийной эксплуатации промышленных объектов месторождений [1].

Созданная система регулярных наблюдений преследует такие цели, как:

- оценка и прогноз экологической ситуации территории разрабатываемого месторождения;
- получение сведений о современном состоянии компонентов природной среды и неотектонических процессов территории месторождения: опережающее обнаружение геодинамических зон риска и очагов разуплотнения горных пород;
- создание корпоративной базы геоинформационной системы (ГИС) на единой методической и пространственной основе.

Геохимическим методам контроля, их совершенствованию отводится важная роль в оптимизации системы наблюдений в связи с изменением техногенной геологической обстановки. Геохимические методы позволяют проследить динамику физических процессов в пласте-коллекторе и приконтурном водоносном бассейне, парагенетическую связь природных и «закачиваемых» в недра углеводородов. Они дают возможность определить принадлежность газа к техногенным скоплениям или к залежам природного газа, своевременно обнаружить наличие агрессивных компонентов в продукции скважин, определить степень загрязнения призабойной зоны и др.

В расшифровке многих природных и техногенных процессов немаловажное значение имеют изотопные методы исследований. Использование

масс-спектрометрических методов анализа стабильных изотопов водорода и кислорода позволяет наиболее точно и надежно определить генетическую принадлежность вещества-растворителя в водных растворах в литосфере, а следовательно, в подавляющем большинстве случаев и основной части вещества этих растворов в целом.

Большое значение при проведении геохимических исследований имеет определение гелия и проведение радон-тороновой съемки. Гелий и радон, имеющие уникальную проницаемость, позволяют выявить зоны поступления подземных флюидов из глубоких горизонтов через зоны разуплотнения, причем это могут быть как элементы неотектоники, так и стволы скважин.

Контроль за поведением гелия и радона позволяет на самых ранних стадиях зафиксировать, например, «оживление» какого-либо разлома или зоны разуплотнения над разломом после повышения давления в структуре до начала перемещения по нему углеводородов, а тем более пластовых вод, а также выявить негерметичность подземного оборудования скважины.

Высокие требования предъявляются к качеству разобщения водоносных горизонтов. Оценку качества цементирования проводят геофизическими методами. Качество цементирования затрубного пространства обсадных колонн определяется тремя категориями: жесткое, частичное и отсутствие сцепления с колонной. К первой относят интервалы жесткого контакта и (или) чередование участков жесткого контакта и отсутствие такового в интервале менее длины зонда. Ко второй категории относят интервалы скользящего контакта или его отсутствия при зазорах между колонной и цементом менее 35 мкм, а также интервалы отсутствия или пониженной плотности цементного камня за колонной.

Еще более важно определение гелия (радона) на стадии проектирования различных промышленных объектов. Наличие гелиевых аномалий над структурами закачки указывает на возможность утечек газа в будущем. Данная информация может помочь решить вопрос о целесообразности строительства.

Природные газы теснейшим образом связаны с подземной гидросферой, накопившей о них наиболее полную генетическую информацию.

В результате самопроизвольных и индуцированных естественных ядерных реакций в литосфере образуются различные изотопы благородных газов. Современная скорость образования ${}^4\text{He}$ в обычных породах – 10^{-13} – 10^{-12} см³/год). В прошлом эта величина была значительно больше, вследствие экспоненциального закона радиоактивного распада.

Повышенное содержание гелия (относительно других инертных газов) в образцах Йеллоустонского и Лассенского национальных парков позволило исследователям предположить, что часть гелия имеет глубинное происхождение. Весьма интересные результаты были получены при изучении изотопного состава гелия вулканических газов Курило-Камчатской области и Исландии. Обнаруженное чрезвычайно высокое соотношение ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ (примерно 10^{-5}) с большей вероятностью указывает на то, что значительная часть гелия имеет мантийное происхождение [4].

Резкое отличие химического состава вулканических газов и газов осадочной толщи, очевидно, не может свидетельствовать об их тесной генетической связи. Долевое участие вулканических газов в формировании газовых месторождений, по-видимому, можно определять только качественно – по

изотопному составу инертных компонентов. Надежными критериями являются отношения изотопов гелия.

Приповерхностное поле гелия формируется в результате различных процессов, включающих одновременно факторы концентрации и рассеивания инертных газов. Результирующий их поток мигрирует с фазой-носителем под действием избыточного давления флюида к поверхности, где происходит формирование гелиевых ореолов в зоне активного водогазообмена вплоть до окончательного рассеяния [3].

Все разнообразие природного поля гелия может быть выражено тремя типами распространения его концентраций:

- 1) равномерным распределением концентраций, имеющим площадное размещение;
- 2) аномально высокими концентрациями, размещенными в разной степени локально;
- 3) аномально низкими концентрациями, имеющими незначительное распространение.

В соответствии с характером распределения концентрации гелия выделяются три гелиевых поля:

- поле фоновых концентраций;
- поле аномально высоких концентраций;
- поле аномально низких концентраций.

Первый тип поля гелия развит весьма широко и занимает, по данным статистических оценок, для 5,4 млн км более 70 % европейской территории России. Поле фоновых концентраций, или «нормальное поле», характеризует фон приповерхностных горизонтов литосферы в любых геологических условиях.

По гидрогеологическим признакам в платформенных условиях оно соответствует области распространения ненарушенных экранирующих пластов, разделяющих водные комплексы. Гидрогеологические окна здесь отсутствуют, вертикальный переток выражен очень слабо и осуществляется преимущественно в форме молекулярной диффузии.

Концентрация гелия в верхних горизонтах равновесна воздушной, с глубиной увеличивается, ступенчато с резким усилением вертикальных градиентов концентрации в нижней части осадочной толщи.

В пределах водоносного комплекса распределение концентраций гелия весьма неоднородное: наклонное залегание пласта приводит к увеличению его концентраций, с выходом пласта на поверхность – к уменьшению концентрации гелия.

Фоновое поле гелия соответствует консолидированным жестким блокам, в области которых какая-либо тектоническая активизация массопереноса флюида отсутствует. Связь интенсивности поля гелия с радиоактивностью пород или их возрастом нигде не наблюдается.

Второй тип поля гелия распространен достаточно широко, но распространение аномалий обычно достаточно локальное. Выявляется он однозначно по резко выраженным относительно «нормального поля», часто контрастным интенсивным аномалиям (начиная с поверхности подземных вод).

Третий тип поля обусловлен активной разгрузкой вод глубокой циркуляции по зонам повышенной проницаемости тектонической природы.

Наличие гидрогеологических окон фациально-литологической природы приводит обычно к увеличению площади аномалий при потере их контрастности.

Связь аномальных концентраций гелия с глубинными разломами была установлена еще в конце 60-х гг. XX в. При этом оказалось, что далеко не все закартированные геологическими методами разломы проявляются в поле гелия. Совсем не фиксируются древние разломы, даже наиболее крупные, если они позже попали в область устойчивой консолидации.

Наиболее часто гелиевые аномалии связаны с субвертикальными разломами, в первую очередь с их сопряженными структурными узлами. Высокая корреляция гелиевых, гидрохимических и гидродинамических аномалий свидетельствует о наличии в этом случае зон повышенной вертикальной проницаемости литосферы. Связанные с разломами местные блоки образуют так называемую структуру «колотого льда» и свидетельствуют о неотектоническом режиме ограничивающих блоки разломов, в которых постоянно разгружаются все виды тектонических возмущений. Динамика разломов во всех формах ее проявления регулярно подновляет их структуру и предохраняет от консолидации, неизбежной в условиях покоя.

Основным механизмом миграции гелия является фильтрационный массоперенос. Энергетические основы фильтрации определяются термодинамической неравномерностью литосферы с характерными в ней температурными градиентами и тектонической неоднородностью. Все вместе взятое объясняет фоновые и аномальные распределения концентраций флюидов. Наличие в области активных разломов вертикальных градиентов избыточного давления и механизм формирования очагов избыточного давления в недрах объясняют широкое площадное развитие гелиевых аномалий.

Как известно, гелиевой съемкой картируются в первую очередь долгоживущие разрывные нарушения, по которым происходят новейшие и современные движения земной коры. Современные, в частности, вертикальные движения по разломам обычно носят закономерный характер. Такие движения приводят к образованию в породах ослабленных зон и способствуют миграции флюидов в толще земной коры.

Благодаря постоянным нарушениям в зонах разломов глубинные флюиды получают возможность проникать в приповерхностные горизонты даже сквозь сравнительно мощные толщи пластичных глинистых пород.

Это способствует формированию гелиевых ореолов в зонах мобильных проницаемых разрывных нарушений, которые картируются гелиометрическими исследованиями. Установлен определенный характер связи гелий-гидрогеологических параметров с тектоникой и сейсмичностью:

- всем гелиеносным зонам соответствуют геофизические аномалии, в то время как геофизические аномалии не всегда сопровождаются гелий-гидрогеологическими. Это объясняется тем, что последние трассируют современные активные разломы, тогда как в геофизических полях отражаются также и консолидированные структуры;
- гелий-гидрогеологические аномалии располагаются на флангах геофизических полей, что связано как с морфологией блоков, так и с динамикой разграничивающих их разломов;
- периоды аномальных возмущений гидродинамики и сейсмической активизации опережаются тектоническим процессом, получившим наименование короткоживущих подкорových локальных возмущений (КПЛВ).

Может быть сделан вывод: в консолидированных структурах литосферы гелий-гидрохимические и другие параметры практически не коррелируются,

в то время как в тектонически активных зонах коэффициент корреляции их обычно высокий.

Газогеохимические исследования и подпочвенная газохимическая съемка широко вошли в практику работ на Астраханском газоконденсатном месторождении. Анализ результатов исследований (экспресс-анализ свободного водорастворенного и подпочвенного газа в поле, детальный анализ газа в лаборатории, карт загазованности и т.д.) позволяет выявить источники экологического загрязнения и принять своевременные меры по ликвидации техногенных аварий и загрязнений [2].

На АГКМ систематически проводятся анализы проб газа и воды из межколонных (МКП) и затрубных (ЗТР) пространств скважин по определению содержания гелия и водорода. Содержание гелия в пробах МКП-скважин изменяется в пределах от 0,005 % мольн. до 0,055 % мольн., водорода – от 0,005 % мольн. до 48,96 % мольн. Повышенные значения концентрации водорода зарегистрированы во многих скважинах.

Экспериментально доказано, что значения не являются случайными величинами, они повторяются во времени.

Гелиметрическим опробованием установлено, что фоновое значение содержания гелия для данного региона изменяется в диапазоне $5 - 7 \times 10^{-5} \text{ см}^3/\text{дм}^3$.

Минимальное (до $20 \times 10^{-5} \text{ см}^3/\text{дм}^3$) содержание гелия отмечается в МКП 7" \times 9" скважин 112, 205, 65, 69, 269, 101, 100, 85, 304, 924, 615, 628. Близкое по значениям ($20 - 50 \times 10^{-5} \text{ см}^3/\text{дм}^3$) содержание гелия отмечается в МКП 7" \times 9" скважин 117, 209, 610, 103.

Высокое ($> 80 \times 10^{-5} \text{ см}^3/\text{дм}^3$) содержание гелия зафиксировано в скважинах 206, 253, и 113 (МКП 7" \times 9", 9" \times 12"); 115, 110 и 601 (МКП 7" \times 9"); 610 (МКП 9" \times 12").

Так в скв. 80 в газовой пробе из МКП 7" \times 9" зафиксировано аномальное содержание гелия, а в пробах МКП 9" \times 12" и 12" \times 16" и водорода. В районе этой скважины по результатам геохимических исследований в 1991 г. было выявлено повышенное содержание восстановленного из пород сероводорода. Аномальное содержание гелия в газообразных флюидах отмечается и в скважине 113 в МКП 9" \times 12".

Только в 2005 г. повышенные концентрации гелия в газообразных флюидах МКП 7" \times 9" (0,01–0,07 % об.) наблюдались в скважинах 8, 52, 59, 60, 79, 80, 97, 101, 216, 218, 222, 451, 616, 918, 923, 926; (более 0,1 % об.) в пробах МКП 7" \times 9" скважин 103, 616, 69 и МКП 9" \times 12" скважин 113, 206, а также в пробах некоторых скважин, отобранных через контрольный сепаратор.

Скважины 253, 206, 113 и 115 по состоянию МКП относятся к III классу опасности, что обусловлено аномально высоким пластовым давлением (АВПД) межсолевых рапопроявляющих пропластков, проявляющимся через высокие МКД (100–200 МПа).

Водный флюид МКП характеризуется повышенными значениями рН от 8 (скв. 115) до 11 (скв. 113) и выше, а также высокой плотностью до 1,21 г/см³ и выше.

Все вышеперечисленные результаты, а также построенные геологические профили свидетельствуют о геолого-тектонических нарушениях.

Кроме межколонных флюидов, на содержание гелия исследовались водные пробы из наблюдательных скважин, участка АГПЗ-ЕСР – гидрографиче-

ская сеть, озера Айдик и Карасор, а также скважина 101-артезианская и скважины в районе порта Бузан.

Участок АГПЗ-ЕСР – гидрографическая сеть, продолжает являться наиболее представительным полигоном, по которому ведутся комплексные наблюдения.

Гелиеметрическим опробованием установлено и продолжают наблюдаться контрастные гелиевые аномалии (от 20 до $463 \times 10 \text{ см}^3/\text{дм}^3$ при фоновом $5-7 \times 10 \text{ см}^3/\text{дм}^3$). Постоянное повышенное содержание гелия в подземных водах отдельных скважин свидетельствует о разгрузке глубинных водоносных линз этой зоны. По некоторым скважинам наблюдаются контрастные гелиевые аномалии, которые приурочены к узким ореолам при общей нестационарности полей гелия.

Исследовались воды хвалынского и хазарского водоносных горизонтов из наблюдательных скважин вокруг озера Айдик. По сравнению с данными 1998 и 1999 гг. отмечается некоторое снижение концентраций гелия в скважине 6 в 2 раза, в скважине 8 в 3 раза. Но среднегодовые значения имеют стабильно повышенные значения.

При исследовании пробы из наблюдательных скважин вокруг озера Карасор, концентрация гелия меняется незначительно – от 7×10^{-5} до $37 \times 10^{-5} \text{ см}^3/\text{дм}^3$. Данный участок в настоящее время находится в стабильной зоне, активных флюидодинамических процессов не наблюдается.

Обращает на себя внимание скважина 101 артезианская, в которой наблюдается аномальное содержание гелия. В течение пяти лет наблюдений, содержание гелия составило от 45×10^{-5} до $64 \times 10^{-5} \text{ см}^3/\text{дм}^3$.

В эксплуатационной скважине 101, расположенной рядом с артезианской, также отмечается повышенное содержание гелия, причем в МКП $12'' \times 16''$ выше ($37 \times 10^{-5} \text{ см}^3/\text{дм}^3$), чем в МКП $7'' \times 9''$ ($10 \times 10^{-5} \text{ см}^3/\text{дм}^3$) и в МКП $9'' \times 12''$ ($21 \times 10^{-5} \text{ см}^3/\text{дм}^3$).

Гелиеметрические исследования скважин около порта Бузан выявили следующее: содержание гелия на глубине 110 м составило $558 \times 10^{-5} \text{ см}^3/\text{дм}^3$, на глубине 7,5 м менее фона, что свидетельствует о значительной флюидопроницаемости данного участка недр.

Таким образом, использование современных геофизических и геохимических методов позволяет обеспечить надежность и безопасность разработки Астраханского газоконденсатного месторождения. Геолого-технологические модели, построенные по данным промысловых исследований и геолого-геофизических работ, являются эффективным инструментом оптимизации эксплуатации скважин и прогнозирования благоприятных геоэкологических условий на территории месторождения, а при возникновении аварийных ситуаций позволяют своевременно принимать меры по их локализации и устранению.

Список литературы

1. Зубарев А. П. Современные технологии при проектировании, создании и эксплуатации ПХГ / А. П. Зубарев. – М. : ООО «ИРЦ Газпром», 2007. – С. 293–300.
2. Мерчева В. С. Исследование техногенного воздействия на окружающую среду объектов газоконденсатных месторождений в условиях строительства и эксплуатации : дис. ... канд. техн. наук / В. С. Мерчева. – Волгоград, 2004. – 227 с.
3. Отчет по теме НИР за 1985–1988 гг. МИНГЕО СССР. ВИМС, комплексная экспедиция.
4. Природные газы осадочной толщи / под ред. В. П. Якуцени. – Л. : Недра, 1976. – С. 46–65.

References

1. Zubarev A. P. Sovremennye tehnologii pri proektirovanii, sozdanii i jekspluatacii PHG / A. P. Zubarev. – M. : OOO "IRC Gazprom", 2007. – S. 293–300.
2. Mercheva V. S. Issledovanie tehnogenogo vozdeystvija na okružhajuujuju sredu obektov gazokondensatnyh mestorozhdenij v uslovijah stroitel'stva i jekspluatacii : dis. ... kand. tehnič. nauk / V. S. Mercheva. – Volgograd, 2004. – 227 s.
3. Otchet po teme NIR za 1985–1988 gg. MINGEO SSSR. VIMS, kompleksnaja jekspedicija.
4. Prirodnye gazy osadočnoj tolvi / pod red. V. P. Jakuceni. – L. : Nedra, 1976. – S. 46–65.