

УДК 502:622.279

Р.А. Гасумов¹, e-mail: Priemnaya@scnipigaz.ru; **И.В. Павлюкова**¹, e-mail: PavlukovaIV@scnipigaz.ru;

Э.Р. Гасумов¹, e-mail: Priemnaya@scnipigaz.ru

¹ ОАО «СевКавНИПИгаз» (открытое акционерное общество «Северо-Кавказский научно-исследовательский проектный институт природных газов») (Ставрополь, Россия).

О влиянии техногенных факторов на геотехнические системы и обеспечении экологической безопасности разработки месторождений углеводородов

Разработка и реализация комплексной системы управления экологической стабильностью существующих природно-технических систем в последнее время приобретают все большее значение. Проблемы выявления техногенных факторов риска тесно увязываются с проблемами принятия рациональных управляющих решений, обеспечивающих экологическую безопасность газопромысловых объектов. Изучение влияния техногенных факторов на геотехнические системы имеет большое значение при разработке методов прогнозирования изменения экологической ситуации в зоне влияния геотехнических систем с целью предупреждения возникновения экологических рисков и обеспечения экологической безопасности разработки месторождений. Рассмотрены проблемы экологической безопасности разработки месторождений углеводородов на поздней и завершающей стадиях. Описаны осложнения, возникающие на данном этапе и влияющие на экологическую безопасность разработки месторождений углеводородов. Показана необходимость комплексного подхода при оценке техногенных факторов экологического риска, предполагающего определение нагрузок на компоненты экосистем с учетом эффектов суммации, аккумуляции и последующих цепных реакций. Представлена концепция формирования оптимальных программ мониторинга, при которой обособленные системы контроля (контроль разработки залежей, захоронения попутно промысловых вод, техногенной загазованности, состояния окружающей среды и т.д.) должны быть объединены в единую систему производственного гидрогеоэкологического мониторинга, основными принципами которого следует считать универсальность и комплексность исследований, тесную связь с технологическими процессами, экологической спецификой региона и выявленными экологическими рисками. Исследование влияния техногенных факторов на геотехнические системы позволит установить определенные взаимосвязи между уровнем техногенной нагрузки и набором экологических последствий, характерных для поздней стадии разработки месторождения, и выбрать надежные и оптимальные критерии контроля.

Ключевые слова: экологическая безопасность, техногенные факторы, геотехнические системы, разработка месторождений, завершающая стадия разработки, геолого-технические мероприятия, производственно-экологический мониторинг, охрана недр и окружающей среды, экологические риски, критерии контроля.

.....

R.A. Gasumov¹, e-mail: Priemnaya@scnipigaz.ru; **I.V. Pavlyukova**¹, e-mail: PavlukovaIV@scnipigaz.ru;

E.R. Gasumov¹, e-mail: Priemnaya@scnipigaz.ru

¹ SevKavNIPIGaz JSC (Joint-Stock Company North-Caucasus Scientific Research Project Institute of Natural Gases) (Stavropol, Russia).

Effect of man-made factors on geotechnical systems and ensuring ecological safety of hydrocarbon fields development

Development and implementation of integrated environmental stability control system of the existing natural and technical systems in recent years have become increasingly important. Problems identifying technological risk factors are closely linked to the problems of making rational management decisions that ensure the ecological safety of gas field facilities. Study of the influence of anthropogenic factors on geotechnical system is of great importance in developing methods for predicting changes in the environmental situation in the zone of influence of geotechnical systems in order to prevent the occurrence of environmental risks and environmental safety of field development. Consideration is given to the problems of ecological safety of hydrocarbons development in the late and final stage. We describe the complications that arise at this stage and affecting the environmental safety of the development of hydrocarbon fields. The necessity of

an integrated approach in the assessment of man-made environmental hazards is shown involving the definition of loads on components of ecosystems based on summation of the effects, the accumulation and subsequent chain reactions. The concept of the optimal monitoring program, in which separate control system (reservoir development control, burial of passing field waters, man-made gas pollution, environmental, etc.) should be combined into a single system of production hydrogeoecological monitoring, the basic principles which should be considered versatility and integrated research, a close relationship with the process, the environmental specifics of the region and identified environmental risks. Research of influence of anthropogenic factors on geotechnical system will establish certain relationships between the level of anthropogenic impact and a set of environmental impacts specific to the late stage of development and choose the reliable and optimal control criteria.

Keywords: ecological safety, technological factors, geotechnical systems, field development, final stage of reservoir development, geological and technical measures, operational environmental monitoring, protection of subsurface resources and the environment, environmental risks, monitoring criteria.

Одним из необходимых условий достижения экологической безопасности газодобывающих регионов является разработка и реализация методов управления экологической ситуацией в пределах зон влияния объектов газовой промышленности на экосистемы. Необходимость комплексного решения проблем экологической безопасности разработки месторождений углеводородов (УВ) возрастает в связи с ростом числа месторождений, вступивших в завершающую стадию, но остаточные запасы газа которых являются все еще значительными. Оценка факторов техногенного преобразования недр и природной среды должна основываться на комплексном подходе, предполагающем определе-

ние нагрузок на все компоненты экосистем с учетом эффектов суммации, аккумуляции и последующих цепных реакций, поскольку оценка воздействий на отдельные компоненты не позволяет обнаружить полный размах эффектов взаимодействия. В основу выделения факторов антропогенного воздействия целесообразно положить технологические процессы, обусловленные технологией газопромыслового производства [1, 2]. Современные технологии добычи углеводородов и проведения геолого-технических мероприятий могут оказать существенное воздействие на природные экосистемы, включая геологическую среду как часть данной системы. К числу факторов, негативно влияющих

на безопасность эксплуатации объектов, относятся процессы, которые происходят в недрах и инициируются их освоением. Практика эксплуатации газодобывающих систем на поздней стадии разработки месторождений выявила целый ряд проблем, связанных с устойчивостью и безопасностью работы отдельных элементов этих систем и всей системы в целом. Причины данных проблем кроются в технических решениях, применяемых при добыче газа на месторождениях. Указанные факторы вызывают ряд специфических осложнений, приводящих к существенным отклонениям условий эксплуатации этих систем от предусмотренных проектом.



Ссылка для цитирования (for citation):

Гасумов Р.А., Павлюкова И.В., Гасумов Э.Р. О влиянии техногенных факторов на геотехнические системы и обеспечении экологической безопасности разработки месторождений углеводородов // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2016. № 7–8. С. 110–115.
Gasumov R.A., Pavlyukova I.V., Gasumov E.R. Effect of man-made factors on geotechnical systems and ensuring ecological safety of hydrocarbon fields development (In Russ.). Territorija «NEFTEGAZ» = Oil and Gas Territory, 2016, No. 7–8, pp. 110–115.



Учитывая значительные материальные затраты на ликвидацию или возмещение негативных последствий, некоторые из которых носят необратимый характер, исследование техногенных процессов, происходящих при разработке месторождений углеводородов, весьма актуально. Умение прогнозировать ход их развития позволит еще на стадии проектирования разработки вносить необходимые коррективы в проектные показатели [3].

На завершающей стадии разработки требуется решение комплекса дополнительных проблем добычи углеводородов, систем сбора, подготовки продукции и транспорта. Эксплуатация месторождений осложняется падением пластового давления, скоплением жидкости на забое скважин, образованием грязевых пробок, разрушением пластовой зоны, ухудшением коллекторских свойств пластов, снижением продуктивности скважин и рядом других проблем. Снижение пластового давления сопровождается уменьшением толщины продуктивного пласта и уплотнением пород. При этом в цементном камне и обсадных колоннах возникают механические напряжения, приводящие к

образованию трещин и повреждению труб [1].

На поздних и заключительных стадиях разработки экологическая опасность увеличивается из-за старения скважин и промысловых систем, вследствие высокой обводненности продукции, из-за применения различных методов интенсификации добычи.

Значительный срок службы промысловых объектов и необходимость их дальнейшей эксплуатации требует проведения диагностики, реконструкции, модернизации и замены морально и физически устаревшего технологического оборудования.

Старение и износ газопромыслового оборудования приводит к повышению аварийности объектов системы газодобычи, может стать причиной заколонных и межколонных перетоков пластовых флюидов, скопления газа в межколонных пространствах и в горизонтах выше эксплуатационного объекта, вызвать загазованность прилегающей территории и воздушного пространства в районе расположения эксплуатационных скважин. Появление газа – взрывоопасного вещества – вблизи или на поверхности земли (грифоны, фонтаны) независимо

от его количества рассматривается как серьезное осложнение. Кроме того, в данном случае газ становится неконтролируемым, возможно его появление в грунтовой воде, водозаборных скважинах, колодцах.

В случае нарушения герметичности обсадной трубы и цементного камня в скважинах пластовые флюиды и токсичные технологические жидкости могут проникать в водоносные горизонты и грунтовые воды и далее мигрировать и загрязнять компоненты геологической среды – грунты, почву и т.д. Содержание в питьевой воде даже малых примесей сопутствующих газу вредных компонентов делает ее непригодной для использования. Проникновение агрессивных компонентов за пределы эксплуатационной колонны в вышележащие низконапорные горизонты или межколонное пространство может создать неконтролируемую аварийную ситуацию и представляет серьезную опасность.

Подобная схема загрязнения может проявиться также при консервации скважин и залежей, при длительных сроках пребывания скважин в ожидании ликвидации, на законченных раз-

работкой газовых, газоконденсатных и газонефтяных месторождений, на действующих скважинах с аномально высоким пластовым давлением (АВПД). В условиях значительного износа действующих производственных фондов важнейшей задачей является совершенствование и более широкое использование мониторинга их технического состояния, что помогает определить возможность и сроки их дальнейшей эксплуатации, а главное – предотвратить возможные техногенные аварии [1, 5].

Серьезной проблемой охраны недр и окружающей среды является состояние фонда ликвидированных глубоких газовых и нефтяных скважин. Скважины, даже законсервированные и ликвидированные по всем правилам и нормам, представляют потенциальную опасность для недр и окружающей среды. Под влиянием изменений в земной коре они могут в любой момент утратить герметичность, что повлечет за собой выделение токсичных и агрессивных компонентов (нефти, газа, сероводорода, пластового рассола и др.). К тому же на данный момент контроль состояния фонда ликвидированных скважин ведется неудовлетворительно.

Степень загрязнения окружающей природной среды и недр зависит также от состава пластовой продукции. Физико-химическое взаимодействие технологических жидкостей с коллектором и пластовыми флюидами является серьезным фактором техногенного воздействия на недр и порождает необходимость борьбы с солеотложением в добывающих газовых скважинах, выносящих пластовую воду. Ликвидация карбонатных и гипсовых солей, а также парафиновых отложений проводится механическим разрушением, закачкой растворителей и ингибиторов. К тому же такие примеси, как уголекислота, сероводород, в условиях обводненности способствуют усилению процессов коррозии, что может привести к возникновению аварийных ситуаций.

Осуществление комплекса необходимых геолого-технических мероприятий (ввод ПАВ, кислот, щелочей, полимерных растворов, химреагентов, ингибиторов коррозии и гидратообразования,

гидроразрыв пласта, глино-кислотные обработки и др.), направленных на поддержание и повышение уровня добычи газа, также неизбежно оказывает негативное влияние на геоэкологическую систему. Например, при осуществлении технологии гидроразрыва пласта применяют жидкости на водной, углеводородной, пенной и реагентной основе. При этом состав добавляемых реагентов зачастую содержит крайне токсичные компоненты. Часто для осуществления гидроразрыва в качестве основы применяют сточные промышленные или попутные воды.

Еще одним фактором техногенного воздействия на недр является подземное захоронение попутно-промысловых вод, которое, будучи по сути природоохранной мерой, может нанести ущерб окружающей среде и недрам при несоблюдении норм проектирования, строительства и эксплуатации полигонов захоронения. Попутные воды представляют собой сложную смесь, в состав которой входит в различных объемных соотношениях большинство следующих составляющих: конденсационная вода, содержащаяся в пластовых условиях в парообразном состоянии и выпадающая в жидкую фазу при добыче нефти и газа; остаточная порово-капиллярная вода, присутствующая в порах продуктивного пласта-коллектора; фильтрат бурового раствора; технические жидкости, закачиваемые в скважины в процессе их эксплуатации,

ремонта и интенсификации притока газа (метанол, диэтиленгликоль, растворы хлористого кальция и природные рассолы (рапа), ингибиторы коррозии, соляная и другие кислоты, поверхностно-активные вещества и т.д.); пластовая подошвенная, контурная и законтурная вода водонапорной системы, подстилающей и оконтуривающей разрабатываемую залежь, изредка пластовая вода из выше- или нижележащих по отношению к разрабатываемой залежи водоносных пластов.

Одна из форм негативного воздействия на недр и окружающую среду заключается в образовании техногенных геодинамических процессов и деформаций (просадок) земной поверхности, обусловленных длительной разработкой газового месторождения и потерей начального пластового давления. Последствиями таких деформаций являются нарушения природного гидродинамического режима верхних горизонтов, искусственно вызываемые неконтролируемые перетоки пластовых и приповерхностных вод, нарушения устойчивости промышленных сооружений (скважин, оборудования), способные создать аварийные ситуации. Геодинамические процессы также могут приводить к изменению коллекторских свойств пород вследствие изменения их напряженно-деформационного состояния. С падением пластового давления происходит уменьшение пористости и проницаемости.





Обеспечение стабильности экологической ситуации территории и надежности функционирования геотехнических систем месторождений на поздних стадиях разработки достигается в процессе формирования оптимальных программ производственно-экологического мониторинга и разработки мероприятий по устранению причин возникновения критических ситуаций на основе выявления наиболее значимых экологических аспектов и потенциальных участков экологического риска.

Повышение экологической безопасности и эффективности экологического контроля разработки месторождений на поздней стадии может быть достигнуто посредством выбора надежных критериев комплексной оценки. Организация наблюдений по большому спектру показателей требует, как правило, значительных материальных вложений, что приводит к уменьшению экономической эффективности системы мониторинга и не всегда целесообразно, особенно для месторождений с небольшими запасами и небольшим фондом эксплуатационных скважин. В этой связи возникает необходимость сокращения контролируемых параметров, выбора из

всей совокупности тех показателей, при наблюдении за которыми могут быть сделаны корректные выводы о ситуации и приняты управленческие решения относительно конкретных источников воздействия. При этом важно выделить приоритетные факторы техногенеза, т.е. те технологические объекты или источники выбросов, которые могут оказать значительное воздействие на компоненты природной среды, и определить те компоненты, которые могут быть подвергнуты воздействию как при нормальной работе оборудования, так и в аварийных ситуациях.

Использование комплексных методов исследований, например, таких, как газогеохимическая съемка приповерхностных отложений, успешно применяемая на месторождениях Кубани, может быть обеспечено повышение эколого-экономической эффективности производственно экологического мониторинга.

В общем комплексе геолого-технологического и экологического мониторинга газогеохимические методы исследований при сравнительно небольших затратах времени и средств, а также соответствующей организации и высо-

ком уровне проведения существенно повышают эффективность мониторинговых работ в целом. Газовая съемка по приповерхностным отложениям позволяет определить степень газонасыщенности зоны аэрации, выявить наличие или отсутствие загрязнения нефтепродуктами отдельных компонентов геологической среды (почвы, породы зоны аэрации, грунтовые воды), повысить информативность исследований. Возможностями газогеохимических исследований являются оперативное предупреждение вызванных производственным процессом или нарушениями в проведении отдельных технологических операций негативных изменений в состоянии компонентов геологической среды, регистрация утечек газа и конденсата на промышленной площади, идентификация источников загрязнения углеводородами, оконтуривание аномальных зон газонасыщенности и оценка текущего состояния компонентов геологической среды [2].

В процессе разработки месторождений также предусматривается и мониторинг состояния геологической среды. Он направлен на обеспечение рациональной

схемы разработки месторождений, обеспечивающей максимальную газоотдачу, достижение условий безопасной эксплуатации скважинного и промышленного оборудования, контроль геодинамического состояния продуктивных горизонтов и перекрывающих толщ, а также предотвращение аварийных выбросов газа и газового конденсата в атмосферу. Рациональная схема разработки месторождений достигается путем системного контроля разработки на основе комплекса промыслово-геологических методов – газодинамических, геофизических, гидрохимических, геодинамических и др. [4].

Таким образом, для разработки действенных механизмов обеспечения экологической стабильности объектов газодобычи, особенно находящихся на поздней стадии эксплуатации, необходима тесная связь системы экологического мониторинга с соответствующими комплексами мониторинга производственных процессов. Исследование влияния техногенных факторов на геотехнические системы позволит устано-



вить определенные взаимосвязи между уровнем техногенной нагрузки и набором экологических последствий, характерных для поздней стадии разработки месторождения, и выбрать надежные и оптимальные критерии контроля. Разработка оптимальных комплексов природоохранных мероприятий и программ производственно-экологического мониторинга на основе прогно-

зирования изменения экологических систем с учетом особенностей технологического процесса добычи углеводородов, экологической специфики региона и выявленных экологических рисков позволит повысить эколого-экономическую эффективность работ и экологическую безопасность разработки месторождений, в том числе и на поздней стадии.

Литература:

1. Павлюкова И.В. Обеспечение экологической безопасности при проектировании разработки месторождений на поздней стадии на примере месторождений Южного федерального округа // Геология, бурение, разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений: Науч.-техн. сб. М.: ООО «Газпром экспо», 2010. № 3. С. 65–67.
2. Павлюкова И.В. К вопросу обеспечения экологической безопасности при проектировании разработки газоконденсатнефтяных месторождений Прибрежной группы Краснодарского края // Геология, бурение, разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений: Науч.-техн. сб. М.: ООО «Газпром экспо», 2012. № 1. С. 65–68.
3. Ильченко Л.А., Гилев Т.В., Косинова О.Г. Эффективность проведения геолого-технических мероприятий на фонде скважин ООО «Газпром добыча Краснодар» // Геолого-технические мероприятия, проведенные на скважинах ОАО «Газпром» в 2010 году: Материалы совещания ведущих специалистов предприятий ОАО «Газпром». М.: ООО «Газпром экспо», 2013. С. 130–140.
4. Ермилов О.М., Грива Г.И., Москвин В.И. Воздействие объектов газовой промышленности на северные экосистемы и экологическая стабильность геотехнических комплексов в криолитозоне. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 148 с.
5. Басарыгин Ю.М., Баканов Ю.И., Будников В.Ф., Климов В.В. Повышение эксплуатационной надежности, экологической безопасности и эффективности работы скважин на нефтегазовых месторождениях и ПХГ: проблемы и решения // Проблемы экологии газовой промышленности: Науч.-техн. сб. М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2004. № 3. С. 31–49.

References:

1. Pavlyukova I.V. Ensuring environmental safety in the design of field development at the late stage by example of fields of the Southern Federal District. Geology, drilling, development and operation of gas and gas condensate fields – Science-tech. col. Gazprom Expo LLC, Moscow, 2010, No. 3, pp. 65–67. (In Russian)
2. Pavlyukova I.V. On the question of ensuring environmental safety in the design of the development of gas and gas condensate fields of the Krasnodar region's Pribrezhnaya Group. Geology, drilling, development and operation of gas and gas condensate fields – Science-tech. col. Gazprom Expo, Moscow, 2012, No. 1, pp. 65–68. (In Russian)
3. Ilchenko L.A., Gileb T.V., Kosinova O.G. The efficiency of geological and technical measures for the stock of Gazprom Dobycha Krasnodar wells. Proceedings of the meeting of leading Gazprom specialists 'Geological and technical measures at Gazprom wells', 2010. Gazprom expo LLC, Moscow, 2013, pp. 130–140. (In Russian)
4. Ermilov O.M., Griva G.I, Moskvina V.I. Effect of gas industry objects on northern ecosystems and ecological stability of geotechnical complexes in permafrost. Novosibirsk, Publishing House of the SB RAS, 2002, 148 p. (In Russian)
5. Basarygin Y.M., Bakanov Y.I, Budnikov V.F., Klimov V.V. Improvement of operational reliability, environmental safety and wells efficiency of oil and gas fields and UGS: problems and solutions. Ecological problems of gas industry – Science-tech. col. IRC Gazprom, Moscow, 2004, No. 3, pp. 31–49. (In Russian)