

УДК 622.38.504.4+624.8

ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ В ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Самсонов Р.О.

*Научно-исследовательский институт
природных газов и газовых технологий (ВНИИГАЗ)*

Рассмотрено применение системного анализа для оценки геоэкологических рисков в газовой промышленности России. На основе использования методов декомпозиции на соответствующие подсистемы проанализированы возможности моделирования взаимообусловленного влияния в системе «газовая промышленность – окружающая среда» для отдельных объектов газовой отрасли. Этап синтеза системы предусматривает применение моделей для определения эффекта от суммарного воздействия на окружающую среду и, обратно, геоэкологических факторов на технологические процессы в газовой промышленности.

Введение

В настоящее время перед газовой отраслью Российской Федерации возникают новые задачи [1]. Это связано с геополитической необходимостью, помимо существующих месторождений природного газа в Надым-Пур-Тазовском регионе (НПТР), разрабатывать в ближайшие годы новые газоносные регионы. В число таких регионов входят, прежде всего, Штокмановское газоконденсатное месторождение (ГКМ), месторождения полуострова Ямал, Обской и Тазовской губ, Красноярского края, Иркутской области, Якутии, острова Сахалин и северного Каспия и Прикаспия. Таким образом, география перспективных газоносных регионов охватывает территорию от Баренцева до Охотского и Каспийского морей. Соответственно, различные климатические условия этих регионов предполагают наличие характерных геоэкологических особенностей, которые необходимо учитывать при разработке концепции развития газовой отрасли. Более того, воздействие на окружающую среду объектов газовой промышленности проявляется, как на этапе сооружения, так и на стадии их эксплуатации.

Актуальность данной проблемы значительно усиливается с учетом, как правило, суровых природно-климатических условий в перспективных регионах газодобычи. Это заставляет проводить изучение геоэкологических рисков для

различных объектов газовой промышленности. При этом, под геоэкологическими рисками понимаются, как риски, обусловленные совокупным воздействием природных и техногенных факторов на состояние окружающей среды и здоровье человека в зонах воздействия объектов газовой промышленности, так и риски, обусловленные воздействием природных факторов на развитие самой газовой промышленности.

Принимая во внимание чрезвычайно разнообразные природные условия и многогранную структуру самой газовой промышленности, для оценки геоэкологических рисков на первый план выходит задача создания универсального инструмента для оценки этих рисков. Это может быть достигнуто путем моделирования воздействия объектов газовой отрасли на экологическое состояние окружающей среды и здоровье человека в различных ситуациях [2-4]. Также необходимо моделирование и воздействия геоэкологических факторов на функционирование различных подотраслей газовой промышленности в перспективных регионах [5].

Газовая отрасль Российской Федерации представляет собой очень сложную систему, которая включает геологоразведочные работы, добычу, транспортировку, хранение и переработку газа. Степень влияния этих подотраслей на окружающую среду различна, также как и различно обратное воздействие. Следовательно, необходимо на основе методов системного анализа провести дальнейшую декомпозицию на отдельные элементы (объекты) до уровня, позволяющего проводить соответствующее математическое моделирование.

Рассмотрим методологию такой декомпозиции и последующего синтеза системы для целей оценки геоэкологических рисков в газовой отрасли.

Газовая отрасль как объект системного анализа

Для достижения поставленных целей необходимо решать задачу, связанную с комплексным рассмотрением всех направлений деятельности в газовой отрасли и оценкой их взаимообусловленности с окружающей средой, включая:

- проведение геологоразведочных работ;

- добычу природного газа;
- транспорт природного газа;
- подземное хранение природного газа;
- переработку природного газа.

Решение такой задачи должно основываться на методах системного анализа сложных объектов [6-9]. С точки зрения методологии системного анализа газовая отрасль представляет собой сложный объект, который включает перечисленные направления деятельности, как отдельные подсистемы, каждая из которых, в свою очередь, представляет собой сложный объект. В настоящей статье предлагается рассмотреть критерии и особенности декомпозиции и последующего синтеза элементов, провести классификацию влияния на окружающую среду отдельных объектов, а также проанализировать подходы по определению суммарного эффекта от воздействия газовой отрасли на состояние окружающей среды и здоровье человека в целом. При этом возникает необходимость рассмотрения и обратной задачи влияния геоэкологических факторов на процессы добычи, транспорта, хранения и переработки газа в различных природных регионах.

В соответствии с положениями системного анализа, газовую отрасль можно схематично представить как сложный граф, дугами которого являются существующие или планируемые к новому строительству участки газотранспортной системы, ГТС (рисунок 1).

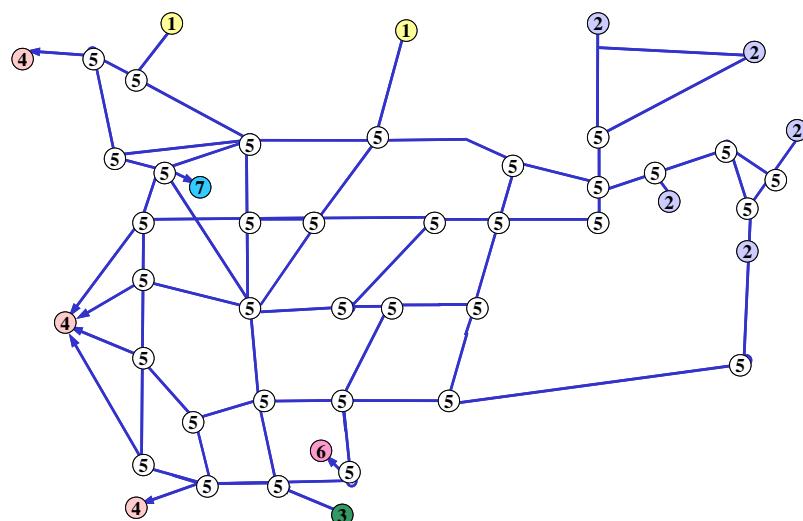


Рисунок 1. Схематическое представление газовой отрасли как сложного объекта

Основой такого графа является Единая система газоснабжения (ЕСГ). Кроме того, существуют отдельные газотранспортные системы, не связанные с ЕГС, но участвующие в общем процессе функционирования газовой отрасли. Уровень агрегирования рассматриваемого графа, естественно, зависит целей решаемой задачи. Для решения задач оценки геоэкологических рисков разработана схема верхнего уровня, включающая в себя более 600 дуг и узлов. Под узлами такой системы подразумеваются:

1. перспективные газоносные регионы;
2. существующие газодобывающие регионы;
3. импорт газа;
4. экспорт газа;
5. потребители природного газа;
6. объекты переработки природного газа;
7. системы хранения газа.

С точки зрения оценки взаимодействия в системе «газовая промышленность – окружающая среда» в масштабе всей страны необходимо рассмотреть влияние всех перечисленных подсистем на окружающую среду и ее обратное воздействие. Однако некоторые из этих подсистем не относятся к объектам газовой отрасли и в рамках настоящей статьи авторами не рассматривались. В связи с этим, исследуемыми подсистемами являются: перспективные газоносные регионы, действующие газодобывающие регионы, газотранспортные системы (дуги), системы хранения газа, объекты переработки природного газа и отдельные потребители природного газа, входящие в структуры газовой промышленности в различных геоэкологических условиях.

Выделение из общей системы газовой промышленности перечисленных объектов, как отдельных подсистем, позволяет структурировать исследования по формированию методологии оценки геоэкологических рисков на более низком уровне (рисунок 2).

Каждый из представленных на рисунке блоков представляет собой сложную подсистему, что потребует дальнейшей ее декомпозиции до уровня, позволяющего описывать элемент с помощью соответствующих математических

моделей. Рассмотрим более подробно процесс анализа указанных подсистем применительно к задачам, рассматриваемым в данной работе.

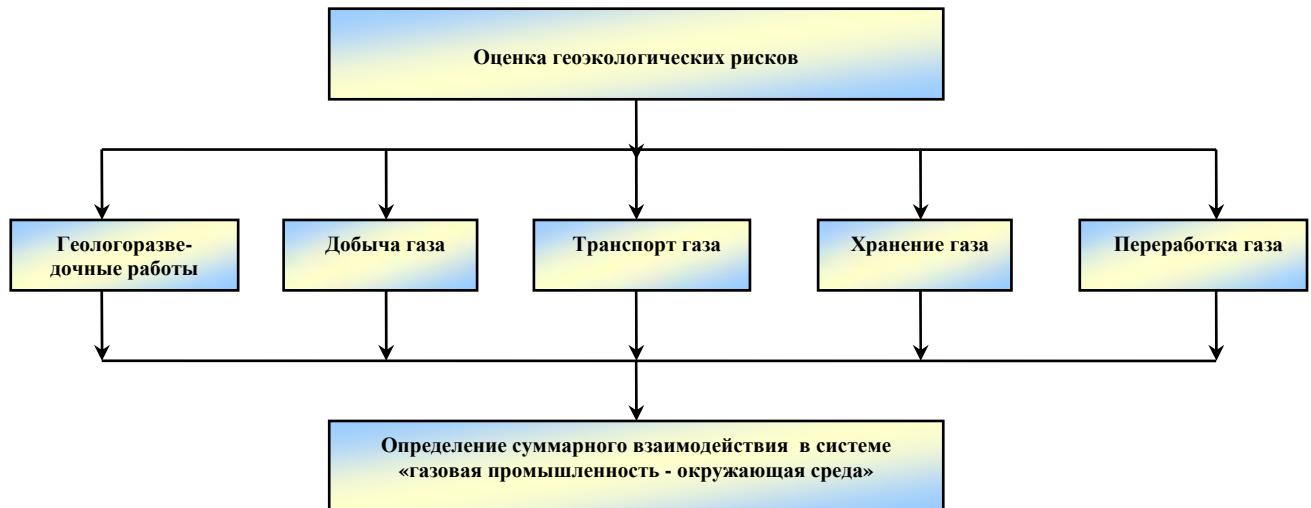


Рисунок 2. Структура исследований при разработке методологии оценки геоэкологических рисков

Проведение геологоразведочных работ

Подсистему, моделирующую оценку геоэкологических рисков при проведении геологоразведочных работ схематично можно представить в виде иерархической структуры (рисунок 3).

Предложенная схема показывает взаимосвязь различных категорий ресурсов и запасов для газоносных регионов. В данной работе не предполагается рассмотрение методов прогнозирования изменения их количественных значений. Отметим только, что в зависимости от результатов геологоразведочных работ (включая сейморазведку и разведочное бурение) возможен переход из категории ресурсов в категорию запасов С2 и А+В+С1, что увеличивает суммарные запасы газа. В свою очередь, прогноз динамики добычи газа уменьшает его суммарные запасы.

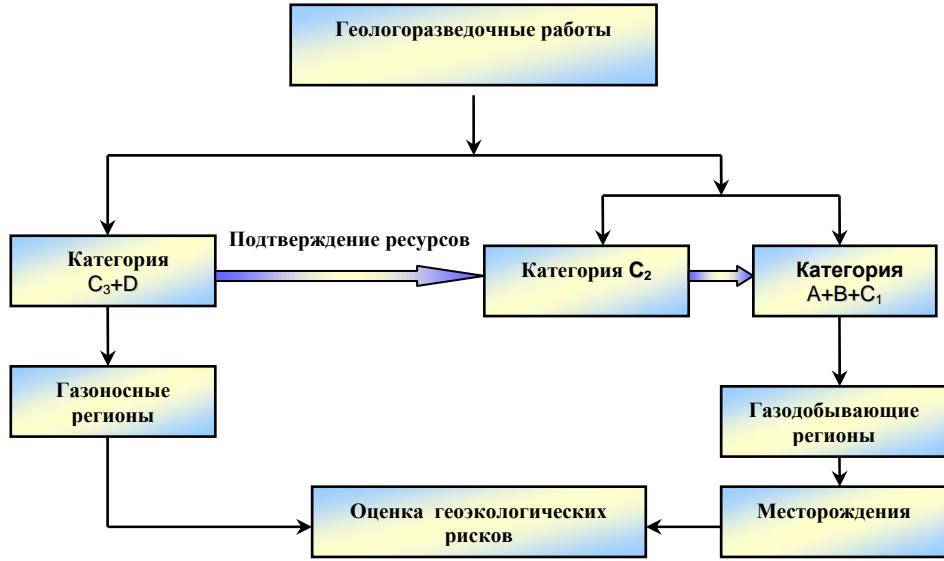


Рисунок 3. Модель оценки геоэкологических рисков при проведении геологоразведочных работ

Рассмотрим более подробно отличия в оценке воздействия на окружающую среду в зависимости от категории ресурсов природного газа.

Для формирования перспективных ресурсов категории C₃+D необходимо проведение сейсмических исследований в модификациях 2D и 3D, причем это касается как сухопутной части, так и морских шельфов. Наряду с сейсморазведкой применяются методы геологической интерпретации данных электро-, гравии- и магниторазведки. Для подтверждения ресурсов и перевод их в категорию запасов C₂ и A+B+C₁ используется разведочное бурение и последующее изучение материалов, получаемых при геофизических исследованиях скважин. Основой таких исследований являются современные методы ГИС, позволяющие создавать и анализировать информационные поля с использованием методов ядерно-магнитного каротажа, электрических, электромагнитных и акустических сканеров [10, 11]. Из-за сравнительно редкой сетки разведочных скважин особое значение при формировании запасов категории C₂ имеют исследования межскважинного пространства радиоактивными, акустическими и флюидодинамическими методами.

В связи с вышеизложенным, представляется возможным дифференцировать воздействия на состояние окружающей среды рассматриваемых элементов подсистемы «геологоразведочные работы».

На первичном этапе формирования перспективных запасов проведение сейсмических исследований сопровождается риском синергетического воздействия на тектоническую структуру, особенно, в регионах с ее лабильным характером, например, в районах северного Сахалина и Прикаспия [12].

На последующем этапе подтверждения запасов уже используется разведочное бурение на глубину от 2000 до 5000-6000 м с полным набором присущих этому процессу геоэкологических рисков [14-16]. Среди наиболее значимых можно выделить следующие:

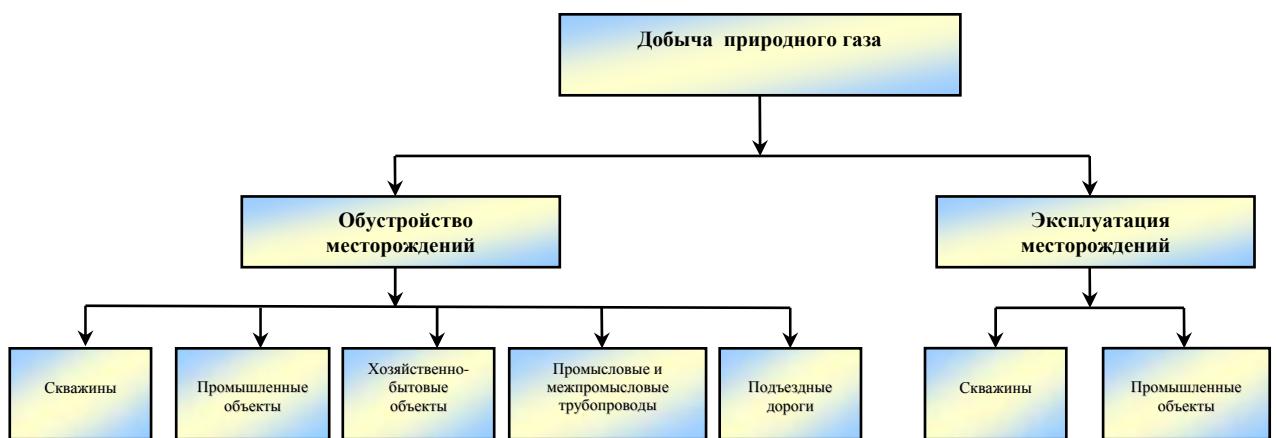
- риски, обусловленные инженерно-экологическим обеспечением разведочных работ (нарушение почвогрунтов при строительстве дорог, сопровождаемое процессами эрозии, солифлюкции, термокарста и др.);
- риски, обусловленные проведением самих буровых работ (использование буровых растворов, прокачки скважин, сбор газоконденсата и нефти в соответствующих амбарах и др.).

На этом же этапе можно отметить и геоэкологические риски самих геологоразведочных работ, которые, хотя и будут различаться в зависимости от природных условий, но имеют и ряд общих черт. Кроме того, в условиях легкоранимой окружающей среды как северных (побережье Северного Ледовитого океана), так и южных (северный Каспий) регионов технологии разведочного бурения должны быть полностью безотходными. Это подразумевает полное удаление различных отходов и их утилизацию в специально оборудованных местах.

Исходя из вышеизложенного, можно констатировать, что особое место в геологоразведке и освоении новых газоносных регионов отводится созданию и внедрению новых передовых технологий. В контексте рассматриваемой в статье проблемы, необходимость освоения различных месторождений в полярных регионах и на шельфах северных морей (Штокманское ГКМ, полуостров Ямал, Обская и Тазовская губы) может привести к возникновению таких геоэкологические риски, как отсутствие необходимого специфического оборудования (ледостойкие буровые платформы, подводные добывающие и газоперекачивающие комплексы, соответствующие природоохранные технологии) либо к чрезвычайной дороговизне проектов, приводящей уже к неоправданным финансовым рискам.

Добыча газа

С точки зрения оценки геоэкологических рисков подсистему «добыча газа» целесообразно дифференцировать на стадии обустройства и эксплуатации месторождений [22]. Соответственно будут различаться как воздействия объектов добычи на окружающую среду, так и обратное влияние. Для целей рассматриваемых в статье задач декомпозицию подсистемы «добыча газа» можно структурно представить в виде схемы (рисунок 4).



*Рис. 4 Декомпозиция подсистемы «добыча газа»
для оценки геоэкологических рисков*

Следует отметить, что элементы подсистемы, связанные с бурением и сооружением скважин, промышленными и хозяйственно-бытовыми объектами характеризуются точечным взаимовоздействием с окружающей средой, а промысловые и межпромысловые трубопроводы, подъездные дороги – соответственно, линейным. В тоже время взаимодействие с окружающей средой на уровне всего месторождения является рассредоточенным и для оценки его количественных параметров на этапе синтеза подсистемы необходимо использовать модели интерференции.

Для моделирования воздействия эмиссий загрязняющих веществ объектов добычи газа на состояние окружающей среды необходимо выделять:

1. на этапе обустройства месторождений

- аварии при сооружении скважин;
- техногенное воздействие строительной техники;
- техногенное воздействие самих объектов;

2. на этапе эксплуатации месторождений

- аварии на промышленных объектах, включая скважины;
- разливы конденсата (для газоконденсатных месторождений)
- утечки газа;
- выбросы вредных веществ при сгорании природного газа на факелах;
- продувки скважин.

Кроме того, существуют и другие виды геоэкологических рисков, которые необходимо учитывать в процессе добычи. Например, ухудшение качества подземных вод в прибрежных районах из-за возможной интрузии морских вод. Необходимо учитывать и региональные особенности взаимообусловленного учета геоэкологических рисков для подсистемы «добыча газ – окружающая среда». Они связаны так с географическим расположением объектов газодобычи (северные или южные регионы), так и с особенностями добычи газа на сухопутных, шельфовых и морских месторождениях. Это также должно быть предусмотрено при декомпозиции данной подсистемы.

Транспорт газа

В связи с освоением новых газоносных регионов в ближайшие годы неизбежно сооружение новых направлений вывода газа и, как следствие, существенное изменение схемы потоков газа [23-25]. Это в свою очередь приведет к необходимости пересмотра ныне существующих факторов рисков при разработке концепции развития газотранспортных систем, в том числе, и геоэкологических. Так же как и для объектов добычи, методологию оценки геоэкологических рисков в транспорте газа целесообразно дифференцировать на стадиях сооружения и эксплуатации (рисунок 5).

Масштабы системы магистрального транспорта газа в Российской Федерации определяют приоритетное значение ГТС при оценке геоэкологических рисков во всей газовой отрасли. При этом элементы подсистемы, обозначенные как компрессорные станции, промышленные и хозяйствственно-бытовые объекты определяют точечное воздействие на окружающую среду, а линейная часть газопроводов и подъездные дороги - соответственно, линейное [26].

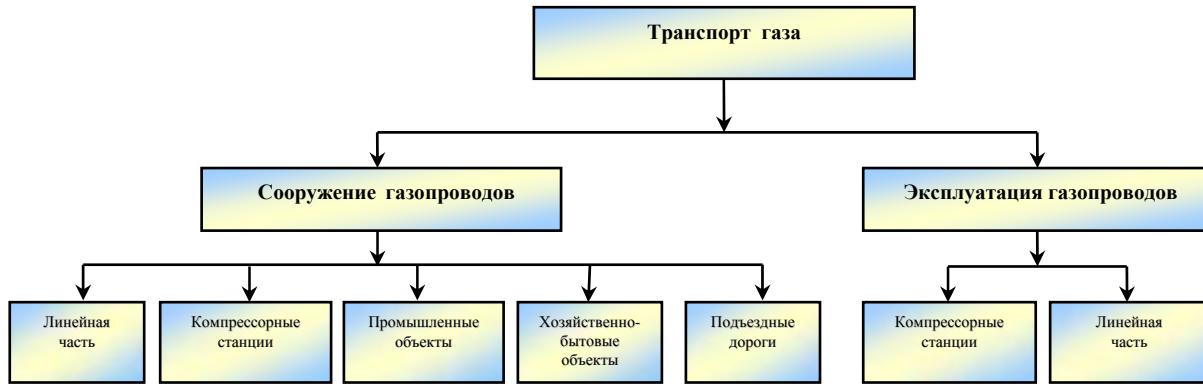


Рисунок 5. Декомпозиция подсистемы «транспорт газа» для оценки геоэкологических рисков

Для моделирования воздействия объектов транспорта газа на состояние окружающей среды необходимо выделять:

1. *на этапе сооружения газопроводов*
 - аварии при сооружении и испытаниях линейной части, газоперекачивающих агрегатов и дополнительного оборудования;
 - техногенное воздействие при строительстве объектов транспорта газа (эрозия, солифлюкция, оползни, изменение водного режима, нарушение режима особо охраняемых природных территорий, воздействие на миграции животных и др.);
 - эмиссия вредных веществ при работе строительной техники.
2. *на этапе эксплуатации газопроводов*
 - аварии на промышленных объектах, включая компрессорные станции и линейную часть;
 - утечки газа на компрессорных станциях и линейной части;
 - выбросы вредных веществ при сгорании природного газа на компрессорных станциях;
 - температурные воздействия в районах пермофроста с проявлением термокарстовых процессов.

Следует иметь в виду, что основное воздействие на окружающую среду оказывает эксплуатация газотурбинных приводов на компрессорных станциях

(КС), так как на топливный газ приходится 80 % от общего расхода на собственные технологические нужды. Величина отношения расхода топливного газа к количеству транспортируемого газа характеризует эффективность работы компрессорной станции. При работе КС по сложившейся технологической схеме данный показатель оценивается в 33 м3/млн.м3·км. Этот объем газа сжигается на компрессорных станциях с выделением в дискретных точках трассы газопровода вредных веществ в виде оксидов азота и других вредных веществ (окислы углерода, оксиды серы, соединения тяжелых металлов, летучие органические соединения и др.). Следует заметить, что состав эмитируемых ЗВ зависит от состава природного газа, что также является одним из компонентов геоэкологических рисков.

За последние годы был проведен целый комплекс исследований, направленный на сокращение выбросов вредных веществ при эксплуатации газопроводов, в том числе с продуктами сгорания на КС. Такие работы ведутся в ОАО «Газпром» по направлениям модернизации эксплуатируемых газотурбинных установок (ГТУ) и создания малоэмиссионных ГТУ. Это уже позволило сократить объемы выбросов в среднем в 1.8 раза, а к 2007 году планируется достигнуть мирового уровня эмиссии оксидов азота, уменьшив ее значение в ГТС ЕСГ России в 4,5 раза по сравнению с 1992 годом. Внедрение новых малоэмиссионных технологий на транспорте газа является одним из важнейших методов управления геоэкологическими рисками, особенно в местах, где воздействие на окружающую среду достигло критического уровня.

В этом связи, целесообразно подробнее остановиться на методах оценки критических нагрузок поллютантов на состояние окружающей среды с целью управления геоэкологическими рисками.

Количественная оценка риска может строиться на использовании концепции критических нагрузок, КН [2-4]. Расчет величин критических нагрузок позволяет определить максимальное количество поллютантов, которое не будет вызывать необратимых изменений в биогеохимической структуре и функциях экосистем, а также в состоянии здоровья человека в течение длительного периода времени (50-100 лет).

В тоже время превышение величин критических нагрузок на современном или планируемом уровне атмотехногенных выпадений приводит к появлению геоэкологического риска, величина которого будет зависеть от размера превышений.

Разработаны соответствующие методы оценки величин критических нагрузок на экосистемы, в том числе и зонах воздействия газотранспортных систем [26]. Эти методы широко используются в рамках конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, странами-членами которой являются все государства Европы и Северной Америки. Государства Средней Азии также подписали данную конвенцию и, соответственно, разделяют используемые в ней методологические подходы для оценки трансграничного загрязнения воздуха.

Величины критических нагрузок эмитируемых при работе газокомпрессорных станций окислов азота, серы и других поллютантов могут быть рассчитаны для каждой экосистемы на территории того или иного региона. Расчет критических нагрузок осуществляется для всех возможных комбинаций почв и растительных видов в случае наземных экосистем или водной биоты (включая рыб) и природных типов вод для водных экосистем. Принимая во внимание широкое разнообразие экосистем, величины критических нагрузок азота сравниваются с поступлением его соединений с атмосферными осадками и выявляются экосистемы, для которых величины критических нагрузок превышены. Сопоставляя величины превышений для различных регионов, можно определить такой уровень необходимого сокращения эмиссии соединений азота и других поллютантов, чтобы величины критических нагрузок не были превышены. Это сокращение должно осуществляться как на локальном, так и региональном уровне, поскольку соединения азота за время жизни в атмосфере могут быть перенесены на значительные расстояния (до нескольких тысяч километров). Часто подобный перенос осуществляется в трансграничном и даже трансконтинентальном масштабе, что требует именно международных подходов к снижению эмиссии соединений загрязняющих веществ в атмосферу. Расчеты снижения выбросов поллютантов производятся с использованием эколого-экономических оптимизационных моделей, позволяющих оценить изменение

уровней превышений критических нагрузок в течение длительного периода времени в самых различных частях ГТС ЕСГ России (рисунок 6).



Рисунок 6. Схема основных направлений транспорта газа

Далее, необходимо рассмотреть и обратное влияние геоэкологических факторов на состояние ГТС с тем, чтобы учитывать соответствующие геоэкологические риски. Среди этих рисков могут быть названы следующие:

- коррозионные нарушения трубопроводов за счет агрессивной физико-химической и биологической среды;
- разрывы трубопроводов при деформациях грунтов различной природы (оползни, солюкфлюкции, термокарст, проседания, поверхностная эрозия, водные размывы и др.).

Важно также учитывать и более сложно структурированные геоэкологические факторы и связанные с ними риски. Так, анализ пространственно-временного распределения аварий на линиях газопроводных сетей в пределах территории Восточно-Европейской платформы в совокупности с некоторыми параметрами, отображающими ее современную геодинамическую активность, указывает на более чем однозначную приуроченность аварийных ситуаций к геоструктурным нарушениям земной коры и коррелируемость с периодами активизации платформы под влиянием ее колебательных движений.

Более детальное изучение данной зависимости позволит значительно снизить геоэкологические риски и аварийность на трубопроводах [27].

Хранение газа

Газоснабжение Российской Федерации характеризуется как суточной, так и сезонной неравномерностью потребления газа. Развитие системы хранения газа в России, как инструмента повышения надежности и снижения неравномерности газоснабжения, предполагает реконструкцию действующих и строительство новых подземных хранилищ газа (ПХГ), а также создание сети установок сжижения, хранения и регазификации природного газа [28-29].

Следовательно, декомпозиция подсистемы хранения газа (узел 7, рисунок 1) предполагает рассмотрение таких элементов как ПХГ и хранение сжиженного природного газа (СПГ). В свою очередь, при рассмотрении геоэкологических рисков, возникающих при формировании программ развития системы подземного хранения газа, целесообразно использовать математические модели как для оценки воздействия ПХГ на окружающую среду, так и для изучения влияния самих геоэкологических явлений на строительство и состояние этих сооружений [30-33]. Среди взаимообусловленных рисков можно выделить следующие:

- изменение водного режима территорий при строительстве ПХГ;
- изменение сейсмических и геодинамических характеристик в ряде регионов перспективного развития газовой промышленности (Сахалин, Иркутская область, Прикаспий);
- эмиссия газов из подземных хранилищ.

Переработка газа

В общей системе газовой отрасли перерабатывающие заводы относятся к потребителям природного газа. Особенность рассмотрения таких потребителей заключается в том, что они входят в подотрасль «газовая промышленность». Подсистема переработки природного газа включает в себя производство продукции, выпускаемой в настоящее время (сжиженный углеводородный газ,

метанол, моторные топлива, мазут), а также перспективных компонентов, связанных с технологией глубокой переработкой добываемого сырья (сжиженный природный газ, гелий, полиолефины, синтетическое жидкое топливо и т.д.) (рисунок 7) [34].

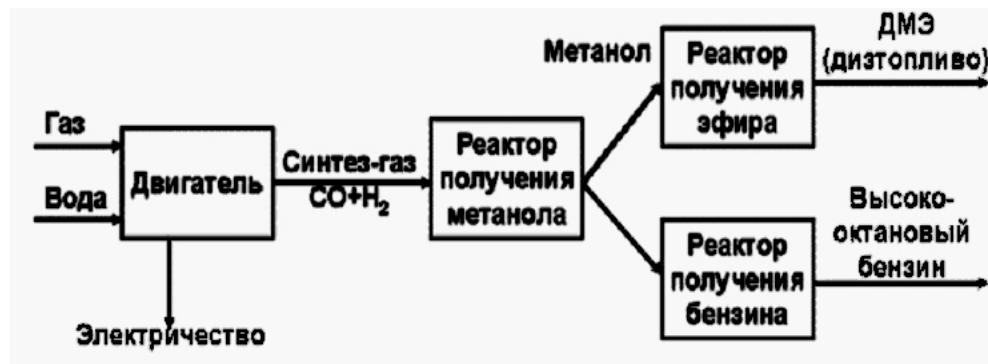


Рисунок 7. Схема переработки природного газа

Для всех перечисленных элементов переработки разрабатываются специальные математические модели, которые позволяют распределить эти объекты с привязкой к узлам всей системы газовой отрасли (рисунок 1), срокам строительства, а также охарактеризовать взаимообусловленные геоэкологические риски в системе «переработка газа – окружающая среда». К их числу относятся:

- загрязнение окружающей среды (воздух, почвы, природные воды);
- воздействие на здоровье человека;
- социально-экологические риски;
- риски строительства и эксплуатации объектов переработки газа в сложных природно-климатических условиях, например, строительство заводов СПГ в Заполярье.

Региональные особенности проявления геоэкологических рисков в системе «газовая отрасль – окружающая среда»

Рассмотренные выше закономерности и факторы развития геоэкологических рисков в газовой промышленности и взаимовлияние с различными технологическими процессами, используемыми в отдельных подотраслях, должны быть, в свою очередь, детализированы и структурированы

на региональном уровне. Как уже отмечалось, перспективные газовые месторождения располагаются как северных, так и южных регионах, подразделяясь на сухопутные (Иркутская область, Красноярский край, Республика Саха-Якутия), прибрежные (полуостров Ямал, остров Сахалин, Астраханская область) и шельфовые (Штокмановское ГКМ, северный Каспий). Кроме того, эти месторождения отличаются по регионально-геологическим, зонально-климатическим и техногенным факторам. Следовательно, различаются и условия проявления геоэкологических рисков в системе «газовая отрасль – окружающая среда».

К основным региональным факторам, определяющим формирование геоэкологических рисков, относятся все действующие и возможные (в течение прогнозируемого периода развития газовой промышленности, например, до 2030 г.) природные и техногенные процессы их развития. Идентификацию этих факторов целесообразно проводить на основе определения границ месторождений, трасс газопроводов, мест расположения ПХГ и заводов по переработке газа. Соответствующие параметры техногенных процессов определяются в рамках генеральной схемы развития газовой промышленности, прединвестиционных обоснований проектов, их предпроектной и рабочей документации. В терминах системного анализа этот этап определяется как декомпозиция.

На следующей стадии рассматривается экспозиция взаимного воздействия природных и техногенных процессов, причем это осуществляется на локальном, региональном, трансрегиональном и трансграничном уровнях, поскольку характер экспозиции может быть многослойным вследствие перемещения, с одной стороны, поллютантов с воздушными, водными и терригенными потоками, и, с другой стороны, самих природных факторов (перемещение масс воздуха, воды, терригенной массы). При этом учитываются следующие природные факторы геоэкологических рисков (на основании [35]):

- сейсмичность с подразделением на несейсмоопасные (< 6 баллов по шкале Рихтера) и сейсмоопасные (> 6 баллов);
- наличие геоструктур первого порядка - платформы с выделением структур второго порядка (щиты и массивы, плиты), орогены с выделением структур

второго порядка (эпиплатформенные, промежуточные и эпигеосинклинальные) и рифтогены;

- орографическая расчлененность с глубинами расчленения от <10 м до >600м;
- скорости современных вертикальных движений земной коры от >[+14] мм/год до >[-14] мм/год;
- состояние комплексов геологических газоносных пород.

На все эти факторы накладываются зоны и подзоны водно-температурного режима:

- по степени промерзания - пермофrost, сезонное промерзание, наличие сплошной или прерывистой льдистости, отсутствие промерзания;
- по степени увлажнения – гумидные, semi-гумидные, засушливые и аридные условия.

Кроме того, взаимообусловленность геоэкологических рисков определяется и техногенными процессами, имеющими место в рассмотренных выше подотраслях газовой промышленности.

На региональном уровне совмещение рассмотрение всех этих факторов геоэкологического риска является синтезом. Однако, в конечном итоге, все региональные особенности проявления факторов геоэкологического риска (природные и техногенные процессы) должны рассматриваться уже в рамках всей ГТС ЕСГ с использованием соответствующей моделей для получения синтетической информации.

Литература

1. Миллер А.Б. На пути к энергетической компании / Тезисы доклада председателя правления ОАО «Газпром» Миллера А., 25.06.04. <http://www.gazprom.ru/articles/article13298.shtml>.
2. Башкин В.Н. Управление экологическим риском. М.: Научный мир. 2005, 367 стр.
3. Башкин В.Н., Казак А.С., Припутина И.В., Горлов Д.В. Оценка экологического риска при модернизации газопроводной системы «Средняя Азия – Центр». Охрана окружающей среды в нефтегазовом комплексе, 2006, № 5, с. 5-13.
4. Bashkin V. Modern Biogeochemistry: environmental risk assessment. Springer, 2006.
5. Самсонов Р.О., Казак А.С., Башкин В.Н. Современные принципы формирования схемы развития и реконструкции ГТС ЕСГ. Системы управления и информационные технологии (в печати).
6. Оптнер С. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. http://www.ckp.ru/biblio/o/optner/index_sys.htm.
7. Казак А.С., Яковлев Е.И., Кудрявцева Т.А. Системный анализ нефтегазотранспортных магистралей. Учебное пособие, МИНХиГП, 1985. 76 стр.
8. Казак А.С., Седов В.И., Орехова И.В., Яковлев Е.И. Оперативный контроль магистральных газопроводов. М.: Недра. 1989. 289 стр.
9. Черняев В.Д., Яковлев Е.И., Казак А.С., Сощенко А.Е., Трубопроводный транспорт углеводородного сырья .М.: ВНИИОЭНГ, 1991. 343 с.
10. Приезжев И., Брусенцев П. Современные системы визуализации геолого-геофизических данных. Технологии ТЭК, декабрь 2005г.
11. Садыков К. Интервью. Технологии ТЭК, февраль 2006г.
12. Вулисанов Н.С., Жуков А.М., Омельченко А.Ф. Разработка технологии и технических средств, обеспечивающих высокую информативность гидрогеологических исследований при бурении скважин в сложных горно-геологических условиях. - 2002. 24 с. ГР № 01200112677. (заключительный отчет) / Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт методики и техники разведки". - Санкт-Петербург. (ВНИИЦ, шифр хранения [02200303508])

13. Нусипов Е. Развитие мониторинга недр Прикаспия должно стать национальным приоритетом. "Панорама", 12 июня 1998 года, №23 (289)
14. Информационное обеспечение автодорожного районирования ХМАО с учетом криогенных факторов. -2003. ГР № 01200308544. (отчет) / Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Тюменский государственный нефтегазовый университет". - Тюмень. (ВНТИЦ, шифр хранения [03200303215])
15. Разработка методологических основ оценки геологической среды, подвергшейся технологическим воздействиям при решении инженерно-геологических задач. -2003. ГР № 01200012006. (отчет) / Московский государственный геолого-разведочный университет. -Москва. (ВНТИЦ, шифр хранения [03200302171])
16. Разработка концепции раннего предупреждения развития негативных инженерно-геологических процессов. -2003. ГР № 01200107847. (отчет) / Московский государственный геолого-разведочный университет. - Москва. (ВНТИЦ, шифр хранения [03200302182])
17. Жученко И.А., Штилькинд Т.И., Крутикова И.А., Чернышева И.А., Куликова Ю.Я. Прогнозирование перспектив развития ОАО «Газпром» // Проблемы экономики газовой промышленности. Сборник статей. – М.: Газойл пресс, 2001.
18. Будзуляк Б.В. Основные направления повышения надежности и безопасности газотранспортных систем ОАО «Газпром» Газовая промышленность, №8, 2005.
19. Круглов А.В. Основные направления работы финансово-экономического блока ОАО «Газпром» Газовая промышленность, №9, 2005, с. 18-21.
20. Кисленко Н.А., Кудрявцев А.А., Постников В.Д., Гришко В.В., Анохина О.С. Анализ эффективного спроса на газ в рамках программ газификации. Газовая промышленность, № 8, 2004.
21. Карасевич А.М., Сухарев М.Г., Матюшечкин В.Н., Тверской И.В. Научно-методическое и информационное обеспечение развития газоснабжения России. Газовая промышленность, № 8, 2004.

22. Голубчиков М.Ю. Геоэкологические проблемы освоения Варандейского полуострова. «Энергия» 2006, № 6. с. 59-61.
23. Будзуляк Б.В. Реконструкция – основа поддержания производственной мощности российской газотранспортной системы. // Тезисы международной конференции ГТС-2005. Газотранспортные системы: настоящее и будущее. М., 2005.
24. Ефанов В.И., Леонтьев Е.В., Галлиулин З.Т., Стурейко О.П., Самсонова О.В. Реконструкция ГТС в России и в мире // Проблемы развития, реконструкции и эксплуатации газотранспортных систем. М.: ООО «ВНИИГАЗ», 2003. с. 38-45.
25. Леонтьев Е.В., Стурейко О.П., Щуровский В.А. Принципы формирования программ реконструкции ГТС // ВНИИГАЗ на рубеже веков – наука о газе и газовые технологии. М.: ООО «ВНИИГАЗ», 2003. с. 281-286
26. Башкин В.Н., Казак А.С., Снакин В.В., Припутина И.В., Хрисанов В.Р., Кочуров Б.А. Устойчивость экосистем к эмиссиям магистральных газопроводов. Москва-Смоленск. Универсум. 2002. 232 с.
27. Паршикова Н., Рудаков В., Ракитина Г. Геодеформационный фактор в динамике аварий на линиях газопроводных сетей. Технологии ТЭК, декабрь 2004г.
28. Будзуляк Б.В. Итоги 50-летней работы по созданию ПХГ на территории России и перспектива их развития до 2030 г. Газовая промышленность, №2, 2006
29. Бузинов С.Н. Роль ПХГ в создании стратегических резервов газа в ЕСГ России Газовая промышленность, №2, 2006
30. Методические рекомендации по определению физико-геологических критериев изменения напряженно-деформированного состояния пластов при эксплуатации ПХГ. - 2003. ГР № 01200308192. (отчет) /Институт проблем нефти и газа РАН. -Москва. (ВНИЦ, шифр хранения [03200303025])
31. Мансуров В.А., Герман В.И., Большая Е.М. Установление закономерностей процессов деформирования и разрушения конструктивных элементов подземных сооружений и вмещающих пород во времени. - 2003. 40 с. ГР № 01200204769. (промежуточный отчет) / Сибирский государственный аэрокосмический университет. - Красноярск. (ВНИЦ, шифр хранения [02200304155])

32. Сохранский В.Б., Эдиашвили Н.А., Бутковский Ю.М. Отчет о научно-исследовательской работе "Геолого-гидрологическое районирование территории Восточно-Сибирского соленосного бассейна по условиям создания подземных хранилищ природного газа, гелия и жидких углеводородов". - 2004. 222 с. ГР № 1-02-12/1. / ООО "Подземгазпром". (ООО "Подземгазпром")

33. Бутковский Ю.М., Бондаренко Н.В., Грицаенко В.Г. Заключительный геологический отчет о результатах разведочных работ на Россошинской площади с целью создания Волгоградского подземного газохранилища в солях. -1998. 165 с. ГР № 66-99-5/1. / ООО "Подземгазпром". (ООО "Подземгазпром", "Волгоградтрансгаз")

34. Мещеряков С. Современные подходы и технологии для решения экологических проблем в нефтегазовом комплексе. Технологии ТЭК, февраль 2006

35. Оценка и управление природными рисками. Рогозин А.Л. (отв. ред.). – М.: изд. «КРУК». 2003. 320 с.