



Шац М. М.
канд. геогр. наук, ведущий научный сотрудник,
Институт мерзлотоведения
им. П.И. Мельникова СО РАН
mmshatz@mail.ru



Скачков Ю.Б.
канд. геогр. наук, старший научный сотрудник,
Институт мерзлотоведения
им. П.И. Мельникова СО РАН
ubskachkov@mpi.ysn.ru

ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ АЛДАНСКОГО ГАЗОВОГО КЛАСТЕРА

В статье охарактеризовано состояние ресурсной базы газовой отрасли Якутии, отличающейся огромными запасами и широкими перспективами. На ее основе проектируется создание Алданского газового кластера – масштабного территориального многоцелевого комплекса, объединяющего инфраструктурные объекты различных отраслей народного хозяйства (добывающей, перерабатывающей, транспортной и т.д.). Освещены природные и геотехнические условия основного объекта ресурсной базы кластера – Отраднинского газоконденсатного месторождения.

Ключевые слова: газовая отрасль Якутии; Алданский газовый кластер – масштабный территориальный многоцелевой комплекс; природные и геотехнические условия Отраднинского газоконденсатного месторождения.

Республика Саха (Якутия) является одним из главных регионов, обеспечивающих природу добычи газа в России. В республике разведано большое количество месторождений углеводородов со значительными объемами прогнозных ресурсов, имеются и хорошие перспективы для новых открытий.

Крупнейшие месторождения в республике – уникальное Чаяндинское (с суммарными извлекаемыми запасами газа более 1,2 трлн м³), а также крупные Среднеботуобинское (237 млрд м³), Средневилюйское (202 млрд м³), Среднетюнское (165 млрд м³), Верхневилючанское (209 млрд м³) и Тас-Юряхское (114 млрд м³) [14].

В процессе разработки месторождений углеводородов, их переработки, нефтехимического синтеза в атмосферу поступают углеводороды низкокипящих фракций сырых нефтей;

газы, растворенные ранее в нефти и попутных пластовых водах – сероводород, двуокись углерода, азот, метан, этан, пропан; газы перерабатывающих нефтехимических производств – сероводород, двуокись серы, окись углерода, окислы азота, отдельные алканы и ароматические углеводороды [4,5].

Загрязнение воздушной среды углеводородами происходит в результате их испарения при разливах нефти на земной и водной поверхностях, из резервуаров для хранения сырых нефти и нефтепродуктов при атмосферном давлении, при выбросах газа из скважин, дегазации сточных вод в открытой канализации, накопителях, очистных сооружениях и нефтяных амбарах, неполном сгорании углеводородов в факелах и т.д.

Игнорирование геоэкологических особенностей, недостаточное изучение последствий на-

рушения естественных процессов тепло-массообмена в горных породах вызывают серьезные осложнения при строительстве и эксплуатации линейных объектов нефтегазового комплекса – трубопроводов. При решении инженерных задач их строительства происходит смыкание чисто инженерных вопросов обеспечения качества, надежности и устойчивости сооружений с экологическими задачами максимального сохранения естественных геосистем.

Основная цель публикации – показать геокриоэкологические особенности территории будущего Алданского газового кластера – одного из перспективнейших проектов республики в последнее время. Статья будет полезна для студентов и специалистов по комплексному освоению месторождений углеводородов и их транспортировке.

Проект Алданского газового кластера

Недавно российские, а также иностранные инвесторы, и производители углеводородного сырья начали активно рассматривать участие в создании Алданского газового кластера [7].

В рамках действующего проекта планируется организация в Ленском районе Якутии крупного центра-кластера по переработке газа, в том числе производств сжиженного природного газа (СПГ) на внутренний и внешний рынки сбыта. Как подчеркивают специалисты, Алданский газовый кластер, обладая уже в современное время логистической и транспортной инфраструктурой, включая железную дорогу, богатые полезные ископаемые (углеводороды, золото, апатиты, сырье для строительных материалов, полудрагоценные и поделочные камни и др.), имеет прекрасные возможности для организации производства по переработке природного газа [15].

В этом направлении уже достигнут ряд договоренностей по различной совместной деятель-

ности. Так при помощи оборудования Air Liquide, мирового лидера в производстве и переработке газов, разработке технологий и предоставлении услуг для промышленности и здравоохранения, в природном газе, добываемом в Ленском районе, будет снижена концентрация азота [1]. Это позволит улучшить качество природного газа Отраднинского газоконденсатного месторождения до значений, приемлемых для поставки в магистральный газопровод «Сила Сибири»

Совершенно очевидно, что основной составляющей Алданского газового кластера станет новое Отраднинское газоконденсатное месторождение, постараемся охарактеризовать его основные особенности.

Расположение и природные условия Отраднинского месторождения

В орографическом отношении район месторождения приурочен к северо-западной части Приленского плато, к зоне сочленения с Лено-Вилюйской равниной. Это горное сооружение приурочено к восточной половине Ангаро-Ленского палеозойского прогиба, северным склонам Алданского щита, сложенным карбонатными соленосными толщами нижнего палеозоя.

В гипсометрии плато прослеживается отчетливое понижение абсолютных отметок, а высоты собственно месторождения довольно близки и составляют около 300 м. Преобладает типичный обращенный денудационный рельеф с глубоким эрозионно-денудационным срезом со ступенчатыми выровненными поверхностями, расчлененными крупными водотоками на отдельные плосковерхие или караваеобразные массивы. Относительный врез гидросети значителен (150-300 м). Денудационные поверхности сформировались в мезо-кайнозойе, их облик предопределен, главным образом, структурными особенностями и литологическим



Рис. 1. Общий вид геосистем района месторождения. Фото И.И. Дика.

составом горных пород. В силу этих факторов преобладает грядово-увалистый тип рельефа на сложно дислоцированных отложениях нижнего кембрия (*рис.1*).

Современная поверхность плато осложнена многочисленными провалами и просадками карстового и термокарстового генезиса, иногда глубиной в десятки метров.

В целом для территории в условиях таежно-горного среднегорья преобладают природные комплексы, подчиняющиеся закономерности широтной зональности с преобладанием северо- и средне-таежных ландшафтов [6].

При техногенных воздействиях здесь повсеместно развиваются термокарст и термоэрозия (*рис.2*), но вытаявание подземных льдов с образованием байджежахов возможно и в естественных условиях.

Плакорный тип местности занимает приводораздельные плоскоравнинные и пологоволнистые поверхности плато с уклонами до 3о, перекрытые элювиальным и элювиально-делювиальными отложениями супесчаного и суглинисто-глинистого состава, с весьма высокой льдистостью (от 35 до 55 %). Ведущие криогенные процессы – морозобойное растрескивание (*рис.3*) с формированием фрагментарных повторно-жильных льдов, таяние которых при воздействии приводит к локальному термокарсту.

Наряду с закономерным чередованием природных комплексов в пределах района месторождений фиксируются интразональные геосистемы [6]. К их числу, в первую очередь, принадлежат равнинные типы местности.

Основные криогенные процессы – морозобойное растрескивание, термокарст, пучение. Техногенное воздействие приводит к интенсивному термокарсту, осложненному термоэрозией и термоабразией.

Высотно-поясные природные комплексы в пределах района весьма ограничены и представлены лишь фрагментами горно-привершинного типа местности [6]. Таким образом, ландшафтная структура района достаточно сложна. Разнообразные техногенные воздействия, как это будет показано в соответствующих разделах, вносят отчетливые преобразования в ход естественного развития природных комплексов [6].

Климат района характеризуется резкой континентальностью, которая проявляется в очень низких зимних (до -50; -55 °С) и высоких летних (до 35 °С) температурах воздуха. Разность температур самого холодного и самого теплого месяцев близка мировому максимуму и равна 45-65°. Наибольшие величины этих разностей свойственны долинам и котловинам, а распределение их по территории позволяет сделать вывод о возрастании континентальности с запада на восток [6].

Плотность атмосферного геохимического давления (за холодное время года) на природные ландшафты в районе составляет 1.88 т/км² (1.05 т/км² – сумма газовых и аэрозольных и 0.83 т/км² – пылевых выпадений), что соответствует фоновым для Южной Якутии и указывает на отсутствие заметного техногенного загрязнения атмосферы на территории района [12,13]

Несколько повышенные концентрации аммония и сульфатов в снежном покрове свидетельствуют о существовании регионального атмосферного переноса соединений азота и серы.

Основные геокриологические параметры – мощность многолетнемерзлой толщи пород (ММП), ее температура и строение, являются определяющими при выборе технологии разработки газовых месторождений. Еще одним, особо важным обстоятельством является необходимость учета не существующей на начало освоения, часто близкой к естественной



Рис. 2. Активная термоэрозия в районе месторождения. Фото С.П. Варламова.

обстановки, а той, которая прогнозируется для стадии эксплуатации.

Судя по обзорным работам [1-6], территория Отраднинского месторождения характеризуется, в основном, сплошным развитием ММП. Мощность мерзлой толщи горных пород варьирует здесь от 100 на юге территории до более чем 250 м на севере. Наибольшие мощности ММП приурочены к водоразделам. Наличие прерывистого и островного характера распространения ММП в юго-западной и южной части месторождения благоприятно сказывается на формировании ресурсов подземных вод в зоне активного водообмена.

Относительно значительные колебания мощности многолетнемерзлой толщи горных пород даже на сравнительно небольших площадях, судя по обзорной сводке [9], достаточно обычны для характеризуемой территории и связываются с изменчивостью геологических и гидрогеологических условий (разрывной тектоники, глубины залегания и минерализацией подземных вод, составом и теплофизическими свойствами пород).

Общие весьма сложные геотермические условия объясняются не только климатическим режимом в плейстоцене и голоцене, но и специфическими геологическими и гидрогеологическими характеристиками: высокой теплопроводностью известняков и доломитов – 3-3,5 Вт/(м*°С), проникновением тяжелых и холодных растворов из верхних горизонтов [8,10].

Отличающееся значительным разнообразием сезонное протаивание грунтов определяется, главным образом, их составом, влажностью, положением в рельефе и растительным покровом. Не останавливаясь детально на всех вариантах сочетаний этих условий, отметим следующее.

Минимальные для района значения сезонного протаивания грунтов зафиксированы в днищах долин небольших водотоков, занятых мощным моховым покровом и карликовой березкой – 0,3-0,5 м. На тех же элементах рельефа, сложенных иловатыми и суглинистыми грунтами, протаивание несколько больше – 0,8-1,2 м. Склоны северной и северо-западной экспозиции, сложенные суглинистыми грунтами и покрытые лиственничным лесом, протаивают до 1,0-2,5 м. На склонах южной экспозиции, перекрытых супесчано-суглинистыми грунтами и занятыми лиственнично-брусничным лесом, протаивание варьирует от 1,5 до 3 м. Максимальные глубины протаивания грунтов, достигающие 4 м, зафиксированы на участках гарей с уничтоженным растительным покровом.

На рассматриваемой территории средние модули стока поверхностных вод составляют 2-4 л/с км² [11]. Такие незначительные величины среднегодового стока обусловлены малым количеством осадков, небольшими уклонами, заболоченностью и наличием мохового покрова, задерживающего влагу и расходующего ее на испарение.

В целом гидрогеологические условия месторождения определяются мощной толщей ММП и структурными особенностями. Водообмен затруднен или отсутствует. Под мерзлой толщей водоносный горизонт содержит солончатые воды, а ниже по разрезу соленые и рассолы.

Общие перспективные запасы Отраднинского месторождения оцениваются до 100 млрд. кубометров газа. Освоение месторождения позволит создать Алданский газовый кластер, а также положительно повлияет на газификацию Ленского, Олекминского, Алданского и Нерюнгринского районов республики.



Рис. 3.
Растущие морозобойные трещины. Фото С.И. Серикова.

Новая составляющая богатств Отраднинского месторождения – гелий

Одной из важных составляющих минеральных ресурсов Отраднинского месторождения является газ гелий и этот аспект заслуживает особого внимания. По мнению Юрия Лебедева, генерального директора ООО «Газпром переработка Благовещенск», объем мирового потребления гелия составляет примерно 170 млн куб. м в год, а спрос в России не превышает 5 млн куб. м., но этот газ – основной элемент для множества отраслей промышленности, причем именно в высокотехнологичной области [14].

Растущий спрос на гелий в мире обусловлен современным рынком магнитно-резонансной томографии (МРТ), который является одним из ключевых сегментов потребления данного газа [16]. С 2016 по 2019 год продажи оборудования для МРТ в Японии, Китае и Южной Корее выросли в общей сложности на 24%, и они еще не достигли пика.

Другой движущей силой является аэрокосмическая промышленность, на которую накануне пандемии приходилось 9% мирового спроса на гелий по сравнению с 26% для здравоохранения, 14% для электроники и 51% для всех других секторов. Здесь использование гелия будет стимулироваться запуском китайской орбитальной станции, а также амбициозными планами компании «SpaceX» и большой доступностью космического туризма в целом [13,15].

В наши время применение гелия растет синхронно с ходом технического прогресса, но единственное сырье для промышленного получения на Земле – это природный газ. Крупнейшими поставщиками гелия на мировой рынок

сейчас являются США, Катар и Алжир. За последние пять лет доля США мировом производственном балансе снизилась с 67% до примерно 56% и продолжает сокращаться. Катар и Алжир занимают соответственно около 28% и 9% рынка, а России принадлежит пока лишь 3% мирового рынка гелия [15].

Освоение месторождений Восточной Сибири и Дальнего Востока – это новый шаг, необходимый для развития российского промышленного потенциала, один из важнейших процессов, стартовавших в нашей стране за последние полтора десятка лет. Еще в 1990-х гг. одно из них уже планировалось использовать для экспорта природного газа в Китай. При этом газ восточных месторождений содержит также этан, пропан, бутан, пентан-гексановую фракцию [13].

Значительный поток газа, содержащий гелий, будет направляться в составе природного газа по «Силе Сибири» на криогенное производство Амурского газоперерабатывающего завода (ГПЗ) с уже заданным содержанием гелия, которое экономически предпочтительнее для выделения нужного товарного объема газа в определенный момент времени в соответствии с конъюнктурой рынка. Таким образом, специалистами «Газпрома» создана экономически оправданная цепочка – мембранная система позволяет оперативно изменять содержание гелия в сырьевом газе, поступающем на завод, а производство на Амурском ГПЗ обеспечивает уменьшение или увеличение выпуска продукта в соответствии с запросами потребителей (рис.4,5).

На предприятии предусмотрены три установки тонкой очистки, сжижения и затаривания гелия мощностью 20 млн куб. м товарного гелия



Рис. 4. Начало монтажа оборудования на Амурском ГПЗ. Фото С.Р. Овчарова.

в год каждая [16]. Общая производительность предусмотрена на уровне 60 млн куб. м в год в пересчете на газообразный гелий, что сопоставимо с объемом, производимом в США.

В рамках первой очереди Амурского ГПЗ компания «Газпром переработка Благовещенск» запускает в эксплуатацию первую установку в 2021 г. вторая – в первой половине 2022 г., а третью – в конце 2023 г. В заказах компании имеются долгосрочные контракты с крупными партнерами. Технологическая цепочка получения гелия состоит из трех частей: извлечение азотно-гелиевой смеси из природного газа, тонкая очистка гелия и затем сжижение.

Между тем, Амурский ГПЗ будет не единственной в РФ новой площадкой по производству гелия. Уже в 2022 году Иркутская нефтяная компания (ИНК) намерена ввести в эксплуатацию завод с годовой производительностью 7,5 млн кубометров гелия на базе Ярактинского месторождения в Восточной Сибири. После этого в 2025 году ИНК запустит еще один гелиевый завод (мощность 4,5 млн кубометров в год), который будет перерабатывать газ Марковского месторождения. В Якутии при поддержке «Корпорации развития Дальнего Востока» к 2030 году будет построено хранилище гелия емкостью 40 млн кубометров. Его заполнят гелием в т.ч. и с Отраднинского месторождения, а операторы представляющие – «Сахатранснефтегаз», «Роснефть», RNG и АЛРОСА – смогут реализовать двухэтапный гелиевый проект. На первом этапе будут построены гелиевые мощ-

ности объемом от 0,3 до 1,2 млн кубометров в год, а на втором этапе их объем будет увеличен до 8-12 млн кубометров. Кроме того, регулирующие органы, следуя потребностям ключевых потребителей, намерены включить в лицензии на месторождения природного газа обязательства по добыче запасов гелия, чтобы избежать ежегодных потерь гелия до 15 млн кубометров. А также установить как государственные и коммерческие запасы гелиевого концентрата для обеспечения долгосрочных потребностей отраслей, потребляющих гелий, и для баланса экспортных рисков.

Заключение

В последнее время руководство Якутии активно продвигает организацию переработки газа в Ленском районе, расширение рынков сбыта топлива, присоединения к магистральному газопроводу «Сила Сибири» и переработку газа с созданием Алданского газового кластера. Также сообщалось, что российские, в том числе иностранные инвесторы и производители планируют принять участие в создании Алданского газового кластера. В рамках действующего проекта ожидается организация переработки газа, в том числе производство сжиженного природного газа на внутренний и внешний рынок сбыта.

Руководство Алданского газового кластера в обозримом будущем планирует многократно увеличить поставки газа за счет эксплуатации ранее законсервированной скважины. В 2020 году начались работы по завершению строительства



Рис. 5. Колонны для очистки газа на Амурском ГПЗ. Фото С.Р. Овчарова.

скважины № 314-4, находившейся в консервации для перевода в категорию эксплуатационных.

Результаты выполненной работы позволили полностью подтвердить готовность Отраднинского месторождения к промышленному освоению и многократному увеличению поставок газа. Еще одной составляющей минеральных ресурсов Отраднинского месторождения является газ гелий, основной элемент для множества отраслей промышленности, причем именно в высокотехнологичной области. Но извлечение гелия имеет свою специфику и требует разработки специальных технологий. Это позволит для российских производителей оценить увеличение годового объема производства гелия около 80 млн кубометров, поэтому новые российские гелиевые проекты будут ориентированы на экспорт.

В Якутии при поддержке «Корпорации развития Дальнего Востока» к 2030 году будет построено хранилище гелия емкостью 40 млн кубометров. Его заполняют гелием в т.ч. и с Отраднинского месторождения, а операторы смогут реализовать двухэтапный гелиевый проект.

Таким образом, реализуя «Восточную газовую программу», специалисты ПАО «Газпром» решают целый комплекс задач – экономических, экологических, технологических, маркетинговых, логистических и др. Итак формирование Алданского газового кластера в значительной степени улучшит экономическую и социальную ситуации Южной Якутии и республики в целом, и безусловно обладает серьезным экспортным потенциалом с перспективой выхода якутского газа на рынки АТР. **XXI**

Литература

1. В Якутии рассматривают вопрос создания мощностей переработки газа в Ленском районе. Электронный ресурс. URL: <https://www.sakha.gov.ru/news/front/view/id/3265233>. Источник: <https://www.sakha.gov.ru/news/>. Дата обращения: 23.05.2021
2. Железняк М.Н. Геотемпературное поле и криолитозона юго-востока Сибирской платформы. - Новосибирск: Наука, 2005. – 227 с.
3. Железняк М.Н., Сериков С.И., Шац М.М. Современные проблемы и перспективы газотранспортной системы «Сила Сибири». // Недропользование XXI век, 2018, №1, С.110-117.
4. Макаров В.Н., Шац М.М. Геоэкологический мониторинг районов добычи и транспортировки углеводородов Якутии. – Материалы международной конференции «Мониторинг криосферы». Пушино: 20-23 апреля 1999 г. С. 185-189.
5. Макаров В.Н., Шац М.М. Масштабные изменения среды Якутии связанные с промышленной деятельностью.// Наука и образование, Якутск, 2001. №1. с. 109-114.
6. Мерзлотно-ландшафтная карта Якутской АССР. Масштаб 1: 2 500 000 / Ред. П.И.Мельников. - М.: ГУГК, 1991. – 2 л.
7. Нефть и газ Якутии: перспективы и ограничения. Электронный ресурс. URL: <http://www.ngv.ru/magazines/article/neft-i-gaz-yakutii-perspektivy> Источник: <http://www.ngv.ru/magazines>. Дата обращения: 16.07.2020.
8. Отраднинское месторождение готово к многократному увеличению поставок газа. Электронный ресурс. URL: <https://angi.ru/news/2888324>. Источник: <https://angi.ru/> Дата обращения: 12 апреля 2021.
9. Средняя Сибирь. Геоэкология СССР. Изд-во МГУ. 1989. 369 с.
10. Савосин Д. Сахатранснефтегаз приступит к промышленному освоению Отраднинского месторождения. Электронный ресурс. URL: <https://neftegaz.ru/news/dobycha/675744-sakhatransneftegaz>. Источник: Neftegaz.RU. Дата обращения: 14.08.2020.
11. Фотиев С.М. Подземные воды и мерзлые породы Южно-Якутского угленосного бассейна. М., «Наука», 1965, 127 с.
12. Шац М.М. Геоэкологические условия транспортировки углеводородов в Якутии // Трубопроводы и экология. М., 2010 б, №3, с.24-29.
13. Шац М.М. Состояние и перспективы Восточной газовой программы. // Трубопроводный транспорт: теория и практика, М., 2011, №3 (июнь), с.12-16.
14. Юрий Лебедев Взлететь к солнцу: новое российское предприятие окажет влияние на мировой рынок гелия. Электронный ресурс. URL: https://www.vestifinance.ru/articles/131443?utm_source=pulse_mail_ru&utm_referrer=https%3A%2F%2Fpulse.mail.ru. Источник: <https://www.vestifinance.ru/>. Дата обращения: 18.01.2020.
15. Якутия намерена при участии монополий создать Алданский промышленный кластер. Электронный ресурс. URL: <https://www.interfax-russia.ru/far-east/news/yakutiya-namerena-pri-uchastii-monopoliy-sozdat-aldanskiy-promyshlennyy-klaster>. Источник: <https://www.interfax-russia.ru/far-east/news/>. Дата обращения: 12.06.2021.
16. Якутени В. П. Сырьевая база гелия в мире и перспективы развития гелиевой промышленности // Нефтегазовая геология. Теория и практика. №2. Т. 4. 2009. С. 1-23.

UDC 574.622.33 (571.56)

M.M. Shatz, geogr. Sci., Leading Researcher, P. I. Melnikov Permafrost Institute SB RAS, mmshatz@mail.ru

Yu.B. Skachkov, geogr. Ph.D.; geogr. sci., senior researcher P. I. Melnikov Permafrost Institute SB RAS, bskachkov@mpi.ysn.ru

GEOCRYOLOGICAL CONDITIONS AND PROSPECTS OF THE ALDAN GAS CLUSTER

Abstract: The article describes the state of the resource base of the gas industry in Yakutia, which has huge reserves and broad prospects. On its basis, the creation of the Aldan gas cluster is being planned – a large-scale territorial multipurpose complex uniting infrastructure facilities of various sectors of the national economy (mining, processing, transport, etc.). The natural and geotechnical conditions of the main object of the resource base of the cluster – the Otradninskoye gas condensate field in South Yakutia are highlighted.

Keywords: gas industry of Yakutia; Aldan gas cluster – a large-scale territorial multipurpose complex; natural and geotechnical conditions of the Otradninskoye gas condensate field.