

М. М. ШАЦ

Институт мерзлотоведения СО РАН, г. Якутск

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЧАЯНДИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНАЯ ЯКУТИЯ)

Рассмотрены природные и геоэкологические условия Чаяндинского газоконденсатного месторождения. Основными факторами воздействия на природную среду являются механические нарушения поверхности и химическое загрязнение от попутных минерализованных вод, известковых растворов, поступающего в атмосферу газа, минерализованных вод при авариях. Предложены основные составляющие обязательного на всех стадиях освоения месторождения геоэкологического мониторинга.

Ключевые слова: газое месторождение, многолетнемерзлые породы, нарушение природной среды.

The natural and geoecological conditions of the Chayandinskoye gas condensate field are considered. The main factors influencing the natural environment include the mechanical disturbances of the surface and chemical contamination from casing-head mineralized waters lime mortars, gas emissions into the atmosphere, and from mineralized waters during accidents. The principal components of geoecological monitoring, which is mandatory at all stages of field development, are suggested.

Keywords: gas field, permafrost, disturbance to natural environment.

Чаяндинское газоконденсатное месторождение — одно из крупнейших и перспективных в Восточной Сибири. Именно оно должно стать одним из основных источников природного газа для «газового ВСТО», т. е. газопровода, который предполагается проложить рядом с нефтепроводом. Месторождение относится к Ботубобинскому нефтегазоносному району, объединяющему газовой и нефтегазовой Интехское, Среднеботубобинское, Средневилючанское, Таас-Юряхское, Хотого-Мурбайское, Чаяндинское месторождения, расположенные в юго-восточной части Сибирской платформы.

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В региональном тектоническом плане Чаяндинское месторождение располагается в центральной части Ангаро-Ленского прогиба, вытянутого вдоль южной границы Сибирской платформы, в пределах Непско-Ботубобинской антеклизы. В южной части месторождения находится Пеледуйская зона поднятий — тектоническая структура второго порядка в системе Ангаро-Ленского прогиба. В современной структуре эта зона вырисовывается как область широкого развития сложно дислоцированных отложений нижнего кембрия и относительно неглубокого (2–3 км) залегания кристаллических пород фундамента [1].

В районе повсеместно распространены четвертичные отложения: аллювиальные, озерно-болотные, элювиально-делювиальные и делювиальные. Господствующий зональный тип почв — мерзлотные дерново-карбонатные почвы, сопутствующий — мерзлотные перегнойно-карбонатные и мерзлотные подзолистые остаточные карбонатные, а также мерзлотные таежные перегнойно-глеватые почвы под заболоченными лесами [2]. По долинам рек и ручьев развиты мерзлотные дерново-луговые, мерзлотные лугово-болотные и мерзлотные болотные почвы, в пойме — мерзлотные пойменные.

Поверхностные воды — р. Нюя и ее притоки (Чаянда, Хамака и Сюльдюкар) — по химическому составу сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с минерализацией 0,2–0,4 г/л. Подземные воды приурочены к надмерзлотным и подмерзлотным водоносным комплексам. Надмерзлотный водоносный комплекс распространен в пределах терригенных четвертичных отложений, в элювиально-делювиальных отложениях девятельного слоя, озерно-болотных и аллювиальных отложениях речных долин.

В южной части месторождения речные долины не заморожены и представляют собой зоны активного водообмена. Воды надмерзлотного водоносного комплекса здесь непосредственно контактируют и смешиваются с водами кембрийских водоносных горизонтов. По химическому составу воды этого комплекса преимущественно гидрокарбонатно-кальциевые, ультрапресные и пресные с минерализацией 0,08–0,4 г/л, слабо кислые и нейтральные (рН 6,2–7,0), мягкие, неагрессивные. Лишь в зонах водообмена с нижележащими водоносными горизонтами их состав и минерализация незначительно изменяются.

Подземные воды ниже-среднекембрийского (метегеро-ичеро-чарского) водоносного комплекса в зонах водообмена различны по составу — от сульфатно-кальциевых с минерализацией 0,6–1,8 г/л до хлоридно-натриевых с минерализацией 5–6 г/л. Воды венд-нижекембрийского водоносного ком-

плекса представлены хлоридно-кальциевыми рассолами с минерализацией 360–420 г/л и высокими содержаниями Вг (до 6250 мг/л) и J (до 40 мг/л), а вендского терригенного — хлоридно-кальциевыми рассолами с минерализацией 350–440 г/л, высокими содержаниями Вг, J, Sr, Li, Rb.

В ландшафтном отношении Чаяндинское месторождение располагается в типичном таежном среднегорье юго-западной Якутии с широким развитием широтно-зональных (межаласный, плакорный и склоновый) и интрозональных (низкотеррасовый, мелководинный и аласный) типов местности [3, 4]. Широкое развитие имеют мари, серьезно осложняющие освоение.

Особое значение приобретают геокриологические условия: морфология многолетнемерзлых горных пород (ММП), их температура и строение, необходимость сохранения теплового режима в пределах слоя годовых теплооборотов, комплекс сопутствующих криогенных процессов и явлений. Именно эти характеристики играют определяющую роль при обустройстве и выборе технологии разработки месторождений углеводородов и обуславливают геоэкологические последствия их освоения.

Непосредственно в пределах площади месторождения мощность мерзлой толщи горных пород существенно варьирует — от 100 до 300 м и более. Значительные колебания этого параметра даже на сравнительно небольших площадях обычны для данного района и связаны с изменчивостью геологических и гидрогеологических условий. Температура горных пород изменяется от $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ в пределах плоских водоразделов и верхних частей залесенных и нижних слабо залесенных пологих склонов южной экспозиции до $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ на выхолощенных участках местных депрессий с моховым покровом. Наиболее высокие (до $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$) температуры пород иногда фиксируются на сухих, покрытых сосновым лесом с подлеском южных склонах. Наиболее низкие температуры горных пород, опускающиеся ниже $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, характерны для подножий склонов северных экспозиций. Сезонное протаивание грунтов меняется от $0,3\text{--}0,5\text{ м}$ в замшелых днищах долин местных водотоков до $4,0\text{ м}$ на участках гарей с уничтоженной растительностью [4].

В районе активно развиты такие криогенные процессы, как морозобойное трещинообразование и термокарст, в меньшей степени — пучение грунтов.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ НАРУШЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Геологическая среда — составная часть геосистем, и главные требования к природоохранным мероприятиям направлены на сохранение их естественного либо близкого к нему состояния. Основные факторы воздействия на природную среду на современной начальной стадии освоения Чаяндинского месторождения — это механические нарушения поверхности, происходящие на стадиях поиска и разведки и вызывающие изменения микро- и мезорельефа, нарушение и уничтожение почвенно-растительного покрова, поверхностных и грунтовых вод; химическое воздействие попутных минерализованных вод, известковых растворов, используемых при бурении, а также поступающего в атмосферу газа.

На последующих стадиях освоения серьезным фактором станут комплексные воздействия газа и минерализованных вод, поступающих в природную среду при авариях. Источниками атмосферных выбросов при освоении месторождения также являются факельное сжигание, выпуск утечки и продувка газа; выбросы черного дыма при работе дизельных двигателей и газовых турбин; пыль от транспортных средств и т. д.

Газовые потоки формируются из природного газа, уходящего в воздух в результате утечек, и компонентов, образующихся при сжигании неутрализованного газа. В состав потоков входят углекислый газ, окись углерода, метан, летучие органические углеродистые соединения, окиси азота и галогены. Возможны также выбросы сернистого ангидрида при сжигании дизельного топлива. Факельное сжигание и другие процессы горения могут служить источником запахов [5].

Судьба газовых потоков зависит от состояния атмосферы: отсутствие интенсивного проветривания ее приземных слоев приводит к осаждению многих компонентов потоков вместе с аэрозолями на поверхность растений, почв и водоемов. Из-за инверсий температуры воздуха атмосферные условия в районе месторождения будут способствовать локальному загрязнению воздуха.

Техногенные потоки от разведочных скважин загрязняют почвы, поверхностные и грунтовые воды, воздействуют на биоценозы. Основной механизм распространения — гравитационный (движение по поверхности в сторону уклона местности, просачивание в почвенные горизонты и рыхлые отложения). Ареал распределения потока зависит от рельефа, почвенных и гидрологических условий местности и от количества поступившего материала. Попадая в водотоки, техногенный поток рассеивается, смешивается с потоками от других источников, загрязняя при этом значительные территории.

В настоящее время самые многочисленные центры формирования техногенных потоков на Чаяндинском газоконденсатном месторождении — это кусты разведочных скважин. На стадии бурения и подготовки скважин к эксплуатации основные компоненты потоков представляют собой буровой раствор и различные химические реагенты: кислоты, поверхностно-активные вещества и цементные растворы [6].

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Степень преобразования компонентов природной среды района месторождения на современной стадии его освоения отражена в таблице. В настоящее время, предшествующее началу активной разработки, ландшафтная структура, рельеф и подземные воды территории изменены минимально. Устойчивая по своей сути ландшафтная структура, несмотря на умеренный техногенный пресс на отдельные компоненты, практически меняется мало. Несколько значительнее загрязняются атмосферный воздух, снег и поверхностные воды, преобразуются ММП, свойства которых при различных видах техногенных воздействий существенно изменяются.

Так, удаление напочвенных покровов в густом лесу повышает температуру грунтов на глубине 15 м на 1,6 °С, а на участках поверхности с разреженным моховым покровом — на 1 °С. Наиболее отчетливо возрастают глубины сезонного оттаивания грунтов. При этом в днищах долин местных водотоков, сложенных

мощным моховым покровом, глубина оттаивания увеличивается с 0,5 до 1,2 м, т. е. на 140 %. В тех же орографических условиях суглинистые грунты оттаивают до 0,8–0,9 м.

Возрастание глубины оттаивания грунтов неизбежно вызывает активизацию таких криогенных процессов, как термокарст, в меньшей степени пучение и морозобойное трещинообразование. При этом увеличиваются как скорость и интенсивность процессов, так и поражаемые ими площади. В наибольшей степени подвержены воздействию почвы, растительность и животный мир, но это происходит на относительно небольших участках ведения промыслов и пролегания местных трубопроводов.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Разработка Чаюдинского газоконденсатного месторождения неизбежно сопровождается комплексным разноплановым преобразованием компонентов природных систем (см. таблицу). В минимальной степени это связано с нарушением ландшафтной структуры, рельефа на уровне элементов мезорельефа и залегающих в толще горных пород подземных вод. Несколько больше подвержены техногенному загрязнению атмосфера, снег, поверхностные и грунтовые воды, а через механическое и термическое воздействие на поверхность — и ММП. На почвы, растительность и животный мир влияние наибольшее, однако наблюдается оно на относительно небольших участках.

Преобладающие механические нарушения, а чаще частичное уничтожение напочвенных покровов, существенно меняют геокриологические условия. И если мощность многолетнемерзлой толщи горных пород в целом устойчива, то их температуры при освоении обычно возрастают. Это неизбежно сопровождается повышением глубин оттаивания грунтов.

При оценке будущего состояния геосистем района Чаюдинского месторождения, даже не смотря на тщательное выполнение всех технологических требований и высокую квалификацию персонала, должна учитываться возможность аварийных ситуаций: разливов и утечек нефти, химических реактивов и т. д.; выбросов нефти и газа из скважин; взрывов и пожаров; природных катастроф (землетрясения, наводнения).

При дальнейших исследованиях геоэкологического направления основное внимание следует уделить оценке существующего состояния природной среды, определению основных факторов ее поражения и масштабов последствий освоения на разных стадиях, а также изучению темпов и тенденций трансформации природных комплексов с выявлением наиболее неустойчивых, а потому опасных в геоэкологическом плане.

Особого внимания заслуживает проблема обеспечения месторождения природными водами. Поверхностные воды рек Нюя, Чаюнда, Хамака, Сюльдюкар представляют собой единственный потенциальный источник хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения нефтегазодобывающего производства Чаюдинского месторождения. Запасы пресных поверхностных вод ограничены. Так, в водно-критический период года расход р. Чаюнды составляет порядка 1 л/с (86 м³/сут). Освоение месторождения потребует использования природных вод для технологических нужд: бурового процесса, заводнения продуктивных горизонтов для поддержания пластового давления, подготовки и переработки нефти, хозяйственно-питьевых целей, противопожарных мероприятий.

Компоненты природной среды	Степень преобразования		
	низкая	умеренная	высокая
Ландшафтная структура	+		
Атмосферный воздух		+	
Снежный покров		+	
Рельеф	+		
Экзогенные процессы		+	
Многолетнемерзлые породы		+	
Поверхностные воды		+	
Подземные воды	+		
Почвенный покров			+
Растительный покров			+
Животный мир		+	

Вероятность загрязнения промышленными и бытовыми отходами поверхностных вод при нефте- и газодобыче достаточно высока, а возможности использования подземных вод района при освоении месторождения ограничены. Воды сезонно-талого слоя активно подвергаются техногенному воздействию и могут рассматриваться как транзитная зона накопления и переноса агрессивных техногенных вод в подземные горизонты либо в поверхностные водоемы.

Подземные воды локально-криогенных таликовых подрусловых зон по химико-органолиптическим показателям отвечают требованиям пресных питьевых вод, они, как и поверхностные, должны быть защищены от загрязнения и истощения. Воды первого от поверхности ниже-среднекембрийского водоносного комплекса на площади месторождения из-за высокой минерализации не могут рассматриваться как источник хозяйственно-питьевого назначения.

Распространение прерывистой мерзлоты благоприятствует процессу инфильтрации в подземные горизонты загрязненных поверхностных вод. Подземные воды комплекса, обладая естественным напором и фильтрационным потоком, представляют собой источник поступления в поверхностные воды растворенных солей (хлоридов и сульфатов) и токсичных элементов (Mg, Br, B, Sr). Учитывая мерзлотные условия территории, глубину распространения водоносных коллекторов и местного базиса эрозии, следует подчеркнуть нецелесообразность размещения резервуаров промышленных отходов в границах водоносного горизонта [6].

Из-за высокой солености (350–450 г/л) и насыщенности токсичными химическими элементами (Sr, Br, B, F, Mo, Co, Be) выделяемые в разрезе продуктивных горизонтов высокоминерализованные рассолы представляют значительную экологическую опасность в случае попадания на поверхность. Поэтому в процессе разработки месторождения возникает проблема утилизации попутных вод.

Так как на территории месторождения практически отсутствуют подземные воды питьевого качества (за исключением подземных вод русловых таликовых зон), необходимо запретить их использование для технологических нужд, исключить «залповые» сбросы сточных вод в период половодья [6]. Для решения задач водоснабжения и охраны природных вод на месторождении рекомендуется проведение специализированной гидрогеологической и геоэкологической съемки среднего масштаба (1:50 000).

Таким образом, основные факторы воздействия на природные среды при отработке Чаяндинского месторождения — механическое нарушение и химическое загрязнение поверхности. Именно они должны стать объектами систематического контроля, т. е. мониторинговых исследований, предполагающих периодические наблюдения за наиболее динамичными, а значит, сложными в геоэкологическом отношении компонентами.

Для района Чаяндинского месторождения подобный мониторинг должен включать следующие направления: наблюдения за состоянием геосистем, масштабами, темпами и степенью их техногенных преобразований; за мерзлотными и другими экзогенными процессами; контроль состояния атмосферного воздуха, химического состава и гидрологического режима поверхностных и подземных вод; геоэкологический (в том числе геохимический) и геоботанический контроль в местах вероятного аварийного нарушения и загрязнения природной среды [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мокшанцев К. Б., Гринштейн Д. К., Гусев Г. С. и др. Тектоническое строение Якутской АССР. — М.: Наука, 1964. — 240 с.
2. Еловская Л. Г., Коноровский А. К. Районирование и мелиорация мерзлотных почв Якутии. — Новосибирск: Наука, 1978. — 175 с.
3. Мерзлотно-ландшафтная карта Якутской АССР. М-6 1:2 500 000 / Федоров А. Н., Васильев И. С., Самсонова В. В. и др. — Новосибирск: ГУГК, 1991. — 2 л.
4. Федоров А. Н., Васильев И. С., Самсонова В. В. и др. Мерзлотные ландшафты Якутии. — Новосибирск, 1989. — 171 с.
5. Макаров В. Н., Шац М. М. Геоэкологический мониторинг районов добычи и транспортировки углеводородов Якутии // Материалы междунар. конференции «Мониторинг криосферы». — Пущино, 1999. — С. 185–189.
6. Макаров В. Н., Шац М. М. Геокриологические условия освоения Чаяндинского газоконденсатного месторождения // Проблемы и перспективы комплексного освоения месторождений полезных ископаемых криолитозоны. — Якутск: Изд-во Ин-та мерзлотоведения СО РАН, 2005. — С. 150–155.

Поступила в редакцию 26 мая 2009 г.