

На правах рукописи

**ЛЕОНОВ СЕРГЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ**

**ПЕРСПЕКТИВЫ ГИДРАТОНОСНОСТИ НАДСЕНОМАНСКИХ  
ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

25.00.12 – Геология, поиски и разведка нефтяных и  
газовых месторождений

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Москва - 2010

Работа выполнена в Обществе с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – «Газпром ВНИИГАЗ» (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)


Научный руководитель –	кандидат геолого-минералогических наук Е.В. Перлова
Официальные оппоненты:	доктор геолого-минералогических наук А.И. Обжиров кандидат геолого-минералогических наук Д.А. Астафьев
Ведущая организация –	Институт проблем нефти и газа РАН (ИПНГ РАН)

Защита диссертации состоится «03» марта 2010 г. в «        » час. на заседании диссертационного совета Д 511.001.01 при ООО «Газпром ВНИИГАЗ» по адресу: 142717, Московская область, Ленинский район, пос. Развилка, ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

Автореферат разослан «    » января 2010 г.

Ученый секретарь Диссертационного  
совета, д.г.-м.н.



Н.Н. Соловьев

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В настоящее время интерес к нетрадиционным источникам природного газа растет во всем мире, что обусловлено такими факторами, как истощение традиционных месторождений вблизи основных регионов-потребителей газа, огромными прогнозными ресурсами газа нетрадиционных источников и их широким распространением в земной коре.

Наиболее перспективными для вовлечения в разработку среди нетрадиционных источников газа, наряду с угольным метаном, сланцевым газом и газом плотных коллекторов, являются природные газогидраты.

Во-первых, прогнозные ресурсы газа в газогидратных скоплениях по существующим оценкам превышают ресурсы газа традиционных месторождений. В связи с этим за рубежом крупные скопления газогидратов являются объектами специализированных опытно-методических работ и планируются к промышленной разработке в ближайшем будущем.

Во-вторых, большинство базовых уникальных по запасам газовых месторождений на севере Западной Сибири вступили в стадию падающей добычи. Существующая в их ареалах добывающая и транспортная инфраструктура может быть использована еще длительное время при условии загрузки новыми объемами газа, которые, в том числе, могут быть получены из надсеноманских гидратосодержащих отложений.

В-третьих, скопления газогидратов могут быть индикаторами интенсивных перетоков газа, связанных с глубокозалегающими нефтегазовыми месторождениями.

И, наконец, при освоении месторождений в северных регионах изучение гидратонасыщенности отложений имеет важное значение для предотвращения аварийных ситуаций, связанных с разложением пластовых газогидратов.

Поэтому оценка перспектив гидратоносности надсеноманских отложений севера Западной Сибири является актуальной темой исследований.

**Цель работы** - оценка перспектив гидратоносности надсеноманских отложений севера Западной Сибири для обоснования постановки опытно-методических работ на источник газа.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи**:

- анализ современных представлений о перспективах газоносности гидратосодержащих пластов и мирового опыта их исследований;
- обоснование факторов, определяющих перспективность гидратоносности надсеноманского разреза севера Западной Сибири как потенциального источника нетрадиционных углеводородов;
- анализ геологических, геокриологических и термобарических условий образования и консервации газогидратов в разрезе надсеноманских отложений севера Западной Сибири;
- выявление источников газа при формировании гидратосодержащих интервалов в разрезе надсеноманских отложений;
- адаптация объемного метода оценки ресурсов газа для гидратосодержащих пластов;
- оценка ресурсного потенциала гидратосодержащих интервалов разреза надсеноманских отложений севера Западной Сибири;
- обоснование и выбор первоочередных объектов для постановки опытно-методических работ на природные газогидраты в районе исследований.

#### **Научная новизна работы.**

Определены условия образования, консервации и распространения в разрезе газовых скоплений в газогидратной форме в надсеноманских отложениях севера Западной Сибири. На основе проведенных исследований с использованием материалов, характеризующих термобарический режим надсеноманских отложений, установлены закономерности газогидратонакопления и выполнена оценка перспектив гидратоносности надсеноманских отложений. Разработаны рекомендации по проведению опытно-методических работ и даны предложения по выбору первоочередных объектов поиска и разведки континентальных газогидратных скоплений в России.

### **Основные защищаемые положения:**

1. Обоснование факторов, контролирующих процессы образования газогидратов и формирования их скоплений в районах распространения многолетнемерзлых пород на севере Западной Сибири.
2. Районирование территории севера Западной Сибири по перспективам газогидратоносности и оценка масштабов накопления газа в разрезе надсеноманских отложений.
3. Обоснование рекомендаций по выбору первоочередных объектов - опытных полигонов для поиска и разведки континентальных газогидратных скоплений на севере Западной Сибири.

### **Практическая значимость результатов работы.**

Результаты оценки перспектив гидратоносности надсеноманских отложений и обоснования выбора первоочередных объектов проведения опытно-методических работ могут быть использованы ОАО «Газпром» при проведении поисково-разведочных работ на севере Западной Сибири.

Результаты прогноза гидратоносности разреза и обоснование закономерностей распространения гидратосодержащих горизонтов имеют важное практическое значение для предотвращения осложнений при их вскрытии и проходке разведочными и эксплуатационными скважинами.

### **Апробация работы.**

Основные положения работы докладывались автором на второй Международной конференции «Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа» (1998), XV Губкинских чтениях (1999), Международной конференции «Фундаментальные проблемы разработки нефтегазовых месторождений, добычи и транспортировки углеводородного сырья» (2004), 5<sup>th</sup> International Conference on Gas Hydrates, Норвегия (2005), третьей конференции геокриологов России (2005), Международной конференции «Приоритетные направления в изучении криосферы Земли» (2005), 2<sup>nd</sup> European Conference on Permafrost, Германия (2006), Международной научно-технической конференции «Нефть, газ Арктики» (2006), Международной конференции «Газогидратные исследования»

(2007), Международной конференции «Полезные ископаемые Мирового океана – 3» (2006), 1 Международной конференции «Мировые ресурсы и запасы газа и перспективные технологии их освоения» (2007), Международной конференции «Полезные ископаемые Мирового океана – 4» (2008).

### **Публикации.**

По теме диссертации опубликовано 17 работ, в т.ч. 1 – в издании, рекомендованном ВАК Минобрнауки РФ.

### **Структура и объем работы.**

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения; изложена на 124 страницах, содержит 31 рисунок, 11 таблиц, список литературы из 159 наименований.

\*\*\*

Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю, заместителю начальника лаборатории геокриологии и гидратов ООО «Газпром ВНИИГАЗ» к.г.-м.н. Перловой Е.В. за чуткое и профессиональное научное руководство.

Автор благодарит за помощь, ценные советы и замечания д.г.-м.н. Скоробогатова В.А., к.г.-м.н. Якушева В.С., д.г.-м.н. Соловьева Н.Н.

Глубокую признательность и благодарность за оказанную поддержку и конструктивную помощь автор выражает сотрудникам лаборатории геокриологии и гидратов к.г.-м.н. Кузьминову В.А., к.т.н. Квону В.Г., Махониной Н.А., к.г.-м.н. Салиной Л.С. Попову Д.М. и другим членам коллектива.

Автор пользовался советами д.г.-м.н. Валяева Б.М., д.х.н. Истомина В.А., и к.г.-м.н. Чувиллина Е.М., которым выражает искреннюю благодарность.

Отдельную благодарность автор выражает Л.О.Леоновой за поддержку и понимание в процессе написания диссертационной работы.

## **Основное содержание работы (по защищаемым положениям)**

**Защищаемое положение 1.** Обоснование факторов, контролирующих процессы образования газогидратов и формирования их скоплений в районах распространения многолетнемерзлых пород на севере Западной Сибири.

Исследования природных газогидратов насчитывают более полувека. Одним из первых объектов газогидратных исследований в России стало Мессояхское газовое месторождение в Западной Сибири. В 60-е годы XX века возможность существования газогидратов в природных условиях была доказана Ю.Ф. Макогоном, А.А. Трофимуком, Н.В. Черским, В.Г. Васильевым, В.П. Царевыми и др. Приоритет в отборе керна природных газогидратов принадлежит сотрудникам ВНИИГАЗа А.Г. Ефремовой и Б.П. Жижченко.

Исследованиями природных газогидратов в различные годы также занимались: Г.Д. Гинсбург, В.А. Соловьев, Ю.А. Дядин, А.И. Обжиров, А.Н. Дмитриевский, В.С. Якушев, Е.М. Чувилин, Н.Н. Романовский, А.Д. Дучков, В.А. Истомин, Б.М. Валяев, Л.Л. Мазуренко, Т.В. Матвеева, О.М. Хлыстов, Е.В. Перлова, А.В. Егоров, К.С. Басниев, А.Ю. Манаков и др. Наиболее полно исследования природных газогидратов на севере Западной Сибири отражены в работах С.Е. Агалакова с соавторами. За рубежом природными газогидратами занимались Д. Давидсон, Т. Коллетт, К.А. Квенволден, С.Р. Даллимор, Е. Слоан, М. Ховланд, Р. Сассен, А.Б. Мильков и др.

В континентальных условиях процессы формирования крупных промышленно-значимых скоплений природных газогидратов контролируются рядом факторов, которые можно разделить на две группы.

К первой группе отнесены факторы, определяющиеся климатическими (и палеоклиматическими), а также термобарическими условиями разреза: палеоклиматической обстановкой, благоприятной для образования и сохранения газогидратов в разрезе, температурой пласта, пластовым и поровым давлением и т.д.

Ко второй группе отнесены факторы, определяющиеся геолого-геохимическими и тектоническими особенностями района: наличием пород-коллекторов, покрышек, разломных зон, источников газа и т.д.



Эти факторы недостаточно изучены для севера Западной Сибири, где до настоящего времени не проводилось специализированных работ по изучению газогидратных скоплений. Однако такого рода работы были выполнены в районах распространения крупных газогидратных скоплений за рубежом (п-ов Аляска, север Канадского Арктического архипелага). Полученные результаты являются основой для выявления и последующего анализа закономерностей гидратонакопления, связанных с климатической, термобарической, геолого-геохимической и тектонической обстановками севера Западной Сибири.

В континентальных условиях образование газогидратов всегда связано с продолжительным охлаждением разреза, характерным для северных приполярных регионов, в которых распространены многолетнемерзлые породы (ММП) достаточной мощности. Это является необходимым фактором для возникновения в разрезе условий для формирования зоны стабильности газогидратов (ЗСГ) и возможного последующего образования газогидратных скоплений. Распространение и мощность ЗСГ контролируются мощностью и температурным режимом многолетнемерзлых толщ: чем глубже залегает нулевая изотерма, тем больше мощность ЗСГ.

Для формирования и сохранности ММП достаточной мощности необходимо наличие, как в прошлом, так и в современное время, соответствующих климатических условий, определяющих их температурный режим.

В целом температурный режим ММП определяется совокупностью зональных, региональных и местных факторов, при этом ведущим фактором формирования температурного режима ММП является низкая среднегодовая температура воздуха. Так, на протяжении верхнего плейстоцена на севере Западной Сибири господствовали суровые климатические условия, обусловившие прогрессирующее развитие мерзлых толщ; в голоценовый оптимум оттаивание ММП с поверхности происходило только на юге региона (Н.Н. Романовский, 1993).

Для севера Западной Сибири характерно сплошное распространение многолетнемерзлых пород, и в зависимости от мощности и температурного режима пород криолитозоны территория региона дифференцируется по характеру распространения и мощности ЗСГ.

Помимо температурного режима, определяемого климатическими условиями региона, на возникновение и сохранность газогидратных скоплений влияют барические условия. Так, например, возможен переход в гидратное состояние уже существующих газовых залежей в связи с изменением внешних барических условий (покровное оледенение, трансгрессия морского бассейна и т.д.).

Влияние климатических (и палеоклиматических) факторов, а также термобарического режима гидратосодержащих пород на перспективы гидратности подтвердилось при исследованиях газогидратных скоплений на п-ове Аляска и на севере Канадского Арктического архипелага (Основы геокриологии, Ч.3, 1998).

В Западной Сибири характер распространения ММП (зональное уменьшение мощности ММП с северо-востока на юго-запад) имеет не только региональную зависимость, связанную с климатическим фактором. Отмечено (Н.Н. Романовский, 1993; Р.М. Бембель и др., 2001), что во многих случаях над крупнейшими газовыми месторождениями и контролирующими их структурами мощность ММП резко (на 100 м и более) отличается от фоновой (региональной) в сторону уменьшения за счет подъема вверх подошвы ММП. Это может быть связано не только с изменчивостью кондуктивного и конвективного теплоток, но и с наличием в разрезе газогидратных скоплений, формирование которых сопровождается выделением тепла и повышением температуры массива (Н.Н. Романовский, Г.С. Типенко, 1998).

Зональные и локальные неоднородности мощности ММП контролируют изменения мощности ЗСГ. В качестве примера резкого сокращения мощности ММП и ЗСГ можно привести Русское месторождение, приуроченное к одноименному локальному поднятию, где почти полное исчезновение ЗСГ ассоциирует с крупным региональным глубинным разломом, амплитудой по кровле сеномана до 250 м и более, с рядом «оперяющих» его разломов.

Этот пример может служить наглядной иллюстрацией взаимосвязи мощности ММП и ЗСГ не только с климатическими факторами, но и с особенностями геологического строения и геодинамикой разреза.

Основным геологическим фактором, определяющим возможность формирования промышленно значимых скоплений газогидратов, является наличие пород-коллекторов и покрышек, их мощность и выдержанность. Как установлено буровыми и сейсморазведочными работами в различных частях мира, газовые гидраты образуют скопления только в осадочных породах. При этом гидратопроявления фиксируются как в породах с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами (пески, песчаники, трещиноватые карбонаты), так и в слабопроницаемых отложениях (глины, илы, аргиллиты). Если в высокопроницаемых породах гидраты накапливаются преимущественно в поровом пространстве, то в слаболитифицированных и низкопроницаемых породах гидраты образуют текстуры - гидратные включения различной формы, разделенные участками пород, практически не содержащими гидраты. На севере Западной Сибири преимущественно глинистые породы в надсеноманском разрезе распространены западнее р. Пур, восточнее которой опесчанивание надсеноманского разреза возрастает.

Помимо коллекторов, для формирования промышленно значимых скоплений газогидратов, также как и для традиционных скоплений углеводородов, необходимо наличие регионально распространенных покрышек. При этом, помимо собственно непроницаемых пород, роль покрышки могут исполнять ММП, а гидратонасыщенные слои могут являться покрышкой для нижележащих залежей свободного газа.

Важнейшим фактором, обуславливающим возможность образования и существования газогидратных скоплений в разрезе пород является наличие достаточного количества газа-гидратообразователя. Газ в разрезе может быть как сформировавшимся на месте в результате бактериальной трансформации органического вещества (биохимический), так и глубинным, мигрировавшим вверх из более глубоких горизонтов (катагенный).

Во время полевых работ нами были отобраны пробы газа из надсеноманского разреза Ямбургского и Заполярного месторождений. Результаты химического и изотопного анализов газа показали значительные различия в компонентном составе газа по сравнению с газами нижележащих продуктивных горизонтов. Можно предположить, что газ из надсеноманского разреза по

своему генезису может быть как биохимическим, так и катагенным, биохимически трансформированным, или смешанным, на что указывают зафиксированные тяжелые гомологи метана в химическом составе газа.

Биохимический газ часто рассеян по площади и редко образует крупные сконцентрированные скопления. Скопления катагенного газа обычно встречаются в концентрированном виде, так как они приурочены к зонам разгрузки углеводородов, мигрирующих из нижележащих горизонтов. Кроме того, такие скопления могут быть возобновляемыми при условии сохранения каналов миграции. Это придает таким ресурсам гидратного газа большое промышленное значение.

Сопоставление изотопно-геохимических данных по газу из надсеноманских отложений севера Западной Сибири и газу, отобранному из гидратосодержащих разрезов севера Канадского Арктического архипелага и п-ова Аляска, показало сходную картину изменения изотопного состава углерода метана, с соответствующим благоприятным прогнозом для перспектив гидратоносности российского региона в сравнении с хорошо изученными зарубежными.

Как показывает существующий опыт исследований, значительный вклад в формирование промышленно значимых скоплений газогидратов вносят катагенные (или катагенные, биохимически трансформированные) углеводороды. В связи с этим наличие путей миграции для обеспечения подтока газа из нижележащих горизонтов является одним из факторов, контролирующих формирование сконцентрированных скоплений газогидратов. Такими путями в первую очередь являются субвертикальные разломы земной коры, в том числе неотектонические. В то же время, дополнительные возможности для существования газогидратных скоплений дает наличие нарушений и трещин в нижележащих породах, а также зон разуплотнения и повышенной трещиноватости пород, по которым может осуществляться как вертикальная, так и латеральная миграция газа.

Следует отметить, что север Западной Сибири является уникальным, одним из крупнейших по ресурсам природного газа регионом на Земле. Масштабы доказанной вертикальной миграции при формировании скоплений

углеводородов в этом регионе подтверждаются широким диапазоном нефтегазоносности и проявлениями аномальных давлений.

Интервал ЗСГ надсеноманского разреза севера Западной Сибири отделен от сеноманского комплекса региональной турон-палеогеновой покрывкой, однако ряд особенностей газоносности сеноманского комплекса показывает, что потоки углеводородов, формировавшие гигантские газовые месторождения, проявили себя и выше по разрезу, вплоть до дневной поверхности (Н.М. Кругликов, В.В. Нелюбин, 1992; В.А. Скоробогатов и др., 2000; и др.). Так, на Русском месторождении вертикальная миграция флюидов по региональному разлому прослеживается вплоть до четвертичных отложений.

Таким образом, в районе исследования значительная мощность и сплошное распространение ММП, низкие среднегодовые температуры, низкий геотермический градиент определяют возможность существования в разрезе мощной ЗСГ. Наличие хороших коллекторов, перекрытых литологическими экранами, а также путей миграции углеводородов делает север Западной Сибири перспективным гидратоносным регионом.

**Защищаемое положение 2.** Районирование территории севера Западной Сибири по перспективам газогидратоносности и оценка масштабов накопления газа в газогидратной форме в разрезе надсеноманских отложений

Районирование территории исследования проводилось по распространению, температуре и мощности ММП, распространению и мощности ЗСГ метана и геолого-геохимическим особенностям отложений надсеноманского разреза.

Сплошное распространение ММП на севере Западной Сибири определяет наличие в надсеноманском разрезе ЗСГ, распространение и мощность которой определяется мощностью и температурным режимом мерзлой толщи.

На севере п-овов Ямал и Гыдан в прибрежных районах породы криолитозоны (КЛЗ) мощностью от первых десятков до 200–250 м имеют сплошное распространение. На п-ове Ямал мощность КЛЗ, как и глубина залегания ее подошвы, увеличивается от периферийных и северных к центральным, более возвышенным, и южным районам. На большей части территории п-ва Ямал в пределах казанцевской равнины, морских, лагунно-морских и над-

пойменных террас мощность КЛЗ варьирует от 200 до 280 м, достигая 300 и более м в южной части полуострова.

На севере и северо-западе п-ова Гыдан средняя мощность КЛЗ также не превышает 250 м, при этом минимальные значения от 20 до 100 м отмечены в пределах лайд и в поймах рек и озер. Мощности пород КЛЗ в этих районах либо недостаточны для существования зоны стабильности гидратов метана, либо мощность ЗСГ составляет незначительные величины. При этом на п-овах Ямал и Гыдан широкое распространение имеет зона метастабильности газогидратов, в которой возможно залегание реликтовых газогидратных скоплений.

В центральной, южной и восточной частях п-ова Гыдан мощность КЛЗ возрастает и достигает значений до 500 и более метров, что предопределяет наличие ЗСГ метана мощностью до 600 и более м.

Мощность пород КЛЗ в Надым-Пур-Тазовском регионе (НПТР) изменяется от 350 до 500 м. Характерной особенностью КЛЗ данного района является аномально низкий геотермический градиент в мерзлой толще – 0,3-0,5 °С/100 м.

На севере НПТР, при мощности криолитозоны порядка 350-400 м мощность ЗСГ достигает 600-700 м. В районе Ямбургского месторождения, при мощности криолитозоны около 400 м, мощность ЗСГ метана составляет, в среднем, 470-480 м. На Заполярном месторождении, где палеоген-четвертичные породы надпродуктивной толщи имеют более песчанистый состав, по сравнению с более северными территориями (например, с Ямбургским месторождением), мощность криолитозоны (до 500 м) и, соответственно, мощность ЗСГ метана возрастает до 580-600 м.

Южнее, на основной площади Уренгойского месторождения, мощность КЛЗ также сокращается по сравнению с севером Надым-Пур-Тазовского региона и составляет в среднем около 350 м. Соответственно, мощность зоны стабильности гидратов метана также сокращается до 320-330 м. Юго-западнее, на месторождении Медвежье, мощность пород КЛЗ несколько больше - до 380-400 м, а мощность ЗСГ составляет около 400 м.

В связи с тем, что области с максимальными значениями мощности ЗСГ на севере Западной Сибири в настоящее время не входят в сферу влияния ОАО «Газпром», наиболее перспективным регионом по мощности КЛЗ и мощности ЗСГ является район Надым-Пур-Тазовского междуречья, где сосредоточены основные действующие газодобывающие объекты ОАО «Газпром».

Следующим шагом районирования являлось выделение перспективных коллекторов, попадающих в ЗСГ на севере Западной Сибири.

В геологическом строении надсеноманской части осадочного чехла, попадающего в ЗСГ на севере Западной Сибири, принимают участие песчано-глинистые отложения позднемелового, палеогенового и четвертичного возрастов.

Разрез верхней части мела представлен глинисто-алевритовыми отложениями кузнецовской свиты туронского возраста мощностью от 40-80 м на юге до 200 м на севере и глинами с прослоями алевритов часельской свиты. На севере рассматриваемой территории распространены отложения березовской свиты ипатовского горизонта (коньяк-сантон), представленные опоконидными алевритистыми глинами с прослоями песчаников и алевритов мощностью до 400 м (на п-ове Ямал) и слабоалевритистыми глинами ганькинской свиты (возраст пород – кампан-маастрихт-дат) мощностью от 25 до 240 м. Описанные породы верхнего мела по своему литологическому составу не являются перспективными с точки зрения гидратоносности.

В западной и центральной частях севера Западной Сибири породы ганькинской свиты представлены серыми глинами, в верхней части разреза – алевритистыми, сильно слюдистыми, в средней части – глинами слюдистыми плотными, в нижней части – глинами песчанистыми с прослоями алевритов и мергелей. Исходя из литологического состава, породы ганькинской свиты на западе, юго-западе и в центре рассматриваемой территории не представляют интереса как возможный резервуар для скопления природных газогидратов.

Восточнее и северо-восточнее (по направлению к Заполярной и Тазовской площадям) верхнемеловые отложения ганькинской свиты фациально замещаются опесчаненными отложениями танамской свиты маастрихт-дат-

ского ярусов, которые могут являться перспективным гидратоносным коллектором (С.Е. Агалаков, А.Р. Курчиков, 2004).

Отложения кайнозойского возраста, в которых предполагается широкое распространение скоплений газогидратов, в настоящее время мало изучены. Они представлены чередованием песков, алевролитов, глин и достигают мощности 300-400 м. На рассматриваемой территории отложения кайнозоя сложены породами называемой серии, состоящей из талицкого горизонта палеоцена, представленного тибейсалинской и талицкой свитами, и люлинворской свиты эоцена (Строганов, Скоробогатов, 2004).

Четвертичные отложения перекрывают палеогеновые и распространены на рассматриваемой территории практически повсеместно. Наиболее полные разрезы и максимальная мощность установлены в древних переуглубленных эрозионных врезках, которые в подавляющем большинстве совпадают с современными долинами рек Обь, Таз, Пур. Среди четвертичных отложений, широко распространены слоистые, сравнительно хорошо отсортированные супесчано-суглинистые породы, содержащие подчиненные прослои и пачки песчано-гравийно-галечникового материала. Их мощность колеблется от 70 до 150 м, иногда достигая в погребенных долинах рек 200 м и более. На севере района исследования отложения представлены в основном морскими фациями, которые к югу от полярного круга сменяются отложениями континентального, часто ледникового генезиса.

Таким образом, показано, что на севере Западной Сибири в надсеноманской части разреза в интервал ЗСГ метана целиком или частично попадают два регионально распространенных на территории стратиграфического комплекса - отложения танамской свиты верхнего мела (в восточной части) и континентальной подсвиты тибейсалинской свиты нижнего палеогена.

Для отложений танамской свиты характерно наличие хороших коллекторов, перекрытых литологическими экранами, и крупных структурных ловушек (С.Е. Агалаков, А.Р. Курчиков, 2004). Породы танамской свиты попадают в ЗСГ в районе Тазовского и Заполярного месторождений.

Мощность отложений танамской свиты колеблется от 80 до 160 м. Породы-коллекторы представлены песками и песчаниками. Отложения танамской



свиты перекрыты покрывками регионального значения - нижней глинистой пачкой табейсалинской свиты мощностью более 100 м.

Отложения тибейсалинской свиты на севере Западной Сибири практически полностью попадают в интервал ЗСГ. Породы-коллекторы представлены мелкозернистыми песками с прослоями углей (континентальная подсвита тибейсалинской свиты). Мощность отложений колеблется от 100 метров на юго-западе и северо-западе региона до 180-220 м в его центральной и восточной частях. Разрез пород характеризуются наличием хороших региональных коллекторов, экранированных перекрывающими глинистыми породами люлинворской свиты позднепалеогенового возраста мощностью более 200 м.

Следует отметить, что в НПТР, выделенном по распространению и мощности ЗСГ, оба стратиграфических комплекса с перспективными коллекторами тибейсалинского и танамского возрастов практически полностью попадают в интервал ЗСГ, в отличие от остальной территории севера Западной Сибири.

В связи с тем, что на севере Западной Сибири специализированных работ с поинтервальным отбором керна из надсеноманских горизонтов не проводилось, оценка масштабов гидратонакопления (общих геологических ресурсов газа) проводилась экспертным методом на основе дифференциации мощностей ЗСГ с использованием значений плотности ресурсов гидратного газа, полученных для хорошо изученных зарубежных регионов (север Канадского Арктического архипелага).

Выделены области с минимальной мощностью ЗСГ метана – 300-400 м, приуроченные к южной части региона. Площадь их распространения составляет около 37 тыс. км<sup>2</sup>. Области с мощностью ЗСГ метана 400-500 м занимают площадь порядка 49 тыс. км<sup>2</sup>.

Территории с мощностью ЗСГ метана 500-600 в надсеноманском разрезе занимают в сумме около 70 тыс. км<sup>2</sup>. Области, в которых распространена ЗСГ метана мощностью 600 и более метров, занимают территорию около 68 тыс. км<sup>2</sup> (**Таблица 1**).

**Таблица 1. Общие геологические ресурсы газа в надсеноманском разрезе района исследований.**

Мощность ЗСГ метана, м	Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	Общие ресурсы, трлн.м <sup>3</sup>
300-400	37,3	1,5
400-500	48,7	2,4
500-600	69,5	4,2
Более 600	68,5	4,8
		<b>Итого: 13,0</b>

При проведении специализированных опытно-методических работ на природные газогидраты нами рекомендуется использовать следующий метод оценки ресурсов газа.

Подсчет ресурсов газа в традиционных коллекторах производится методом геологических аналогий (площадной и объемный). Объемный метод, с учетом специфики трехфазного нахождения газа в ЗСГ – гидратной, свободной и растворенной форм, также может быть применим и к гидратосодержащим скоплениям. Под содержанием «гидратного» газа следует понимать количество газа в гидратосодержащем пласте после его перевода из твердого состояния в газообразное при стандартных условиях (0,1 МПа и 20 °С).

Тогда суммарные ресурсы газа в гидратосодержащих породах будут складываться:

- из газа, содержащегося в гидратных образованиях;
- из свободного газа, содержащегося в порах пород, не занятых газогидратами и водяными пленками;
- из растворенного в поровой влаге газа.

При оценке содержания газа в породах, залегающих в областях развития зоны стабильности гидратов метана подразумевается, что большая часть газа находится в гидратной форме, исходя из термобарической и геохимической специфики разреза. В связи с этим, следует учитывать пять основных параметров:

- площадь и мощность зоны стабильности газогидратов;
- площадь и мощность гидратосодержащих коллекторов;
- эффективную пористость гидратосодержащих отложений;
- гидратонасыщенность порового пространства;
- газоёмкость газогидрата (объем свободного газа в объеме газогидрата при тех или иных условиях, в тех или иных коллекторах и т.д.).

Подсчет ресурсов газогидратного газа в целом производится путем умножения объема пород гидратосодержащих слоев (рассчитывается путем умножения площади скопления на эффективную толщину) на общее газосодержание - суммы гидратного, свободного и растворенного газа. Извлекаемая часть ресурсов газа в гидратонасыщенных интервалах предопределяется горногеологическими и геолого-экономическими факторами, включающими: фильтрационные характеристики гидратоносных пластов, методы добычи, а также технологии интенсификации газоотдачи и т.д. Более подробно метод приведен в тексте работы.

Таким образом, показано что, по результатам проведенного анализа климатических, термобарических и геолого-геохимических особенностей надсеноманского разреза севера Западной Сибири, а также с учетом масштабов прогнозного гидратонакопления и изученности территории с газогидратной точки зрения наиболее перспективным гидратоносным районом на севере Западной Сибири является НПТР.

**Защищаемое положение 3.** Обоснование рекомендаций по выбору первоочередных объектов - опытных полигонов для оценки перспектив газогидратности надсеноманских отложений севера Западной Сибири.

В НПТР исходя анализа геологических предпосылок, с учетом экономических факторов и наличия фактических данных для постановки специализированных опытно-методических работ выделено 2 объекта - Ямбургское и Заполярное месторождения (**Рисунок 1 А, Б**).

В геологическом строении верхней части осадочного чехла Ямбургского и Заполярного НГКМ принимают участие песчано-глинистые отложения мелового, палеогенового и четвертичного возрастов.

Мощность криолитозоны Ямбургского месторождения достигает 400 м, а ЗСГ метана расположена в интервале глубин 260-730 м. Выше ЗСГ расположена зона метастабильности газогидратов (ЗМГ), где предполагается наличие реликтовых газогидратов в интервале глубин 60-200 м, на что указывают данные зафиксированных газопроявлений при проведении буровых работ.

На Ямбургском НГКМ в разрезе пород из интервалов ЗСГ метана (260-730 м) отмечены многочисленные интенсивные газопроявления при бурении

под кондуктор эксплуатационных скважин (забой 500-550 м), при бурении скважин под электро-химическую защиту газопроводов (забой до 300-350 м) (по данным ООО «Газпром добыча Ямбург»). Часто динамика газопроявлений имела особенности, характерные для разложения газогидратов - интенсивные, быстро затухающие выбросы газа. Эффективная мощность газопроявляющих интервалов здесь достигает 20 м. Например, при бурении эксплуатационных скважин на Анерьяхской площади (ГП №4) в буровых журналах практически всех скважин в указанном интервале отмечены интенсивные газопроявления: разгазирование промывочной жидкости, выбросы бурового раствора объемом до 120 м<sup>3</sup> на высоту до 6 м над устьем.

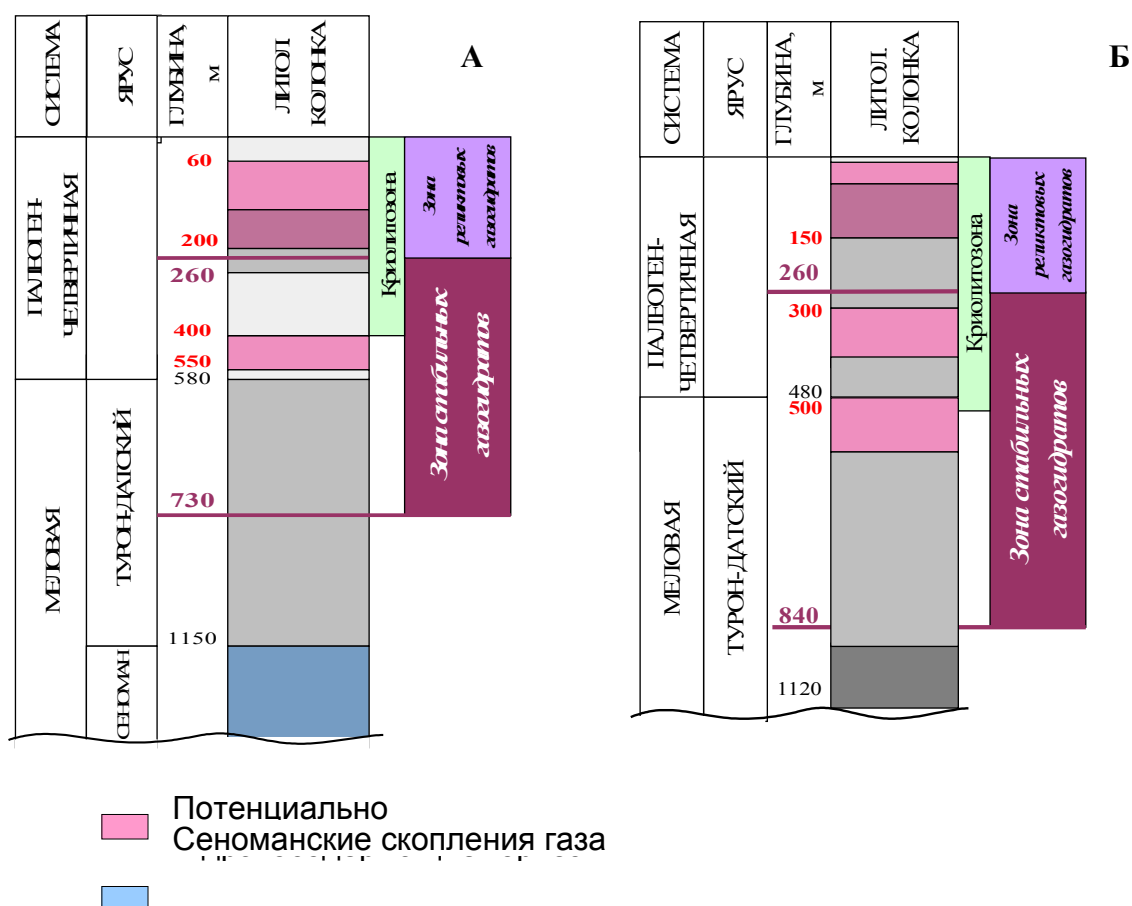


Рисунок 1 – Разрез надсеноманских отложений Ямбургского (А) и Заполярного (Б) месторождений

На основе статистической обработки фактического материала показано, что газопроявления из ЗСГ надсеноманского разреза Ямбургского НГКМ сосредоточены в интервале глубин 400-550 м и приурочены к континентальной подсвите тибейсалинской свиты. Отложения представлены песками с редкими

прослоями глин (**Рисунок 1, А**). Здесь можно ожидать присутствие промышленно-значимых скоплений газогидратов.

На Заполярном НГКМ мощность пород КЛЗ достигает 450-500 м, ЗСГ метана расположена в интервале глубин 260-840 м. Выше ЗСГ расположена зона метастабильности газогидратов, где в отложениях четвертичного возраста, по данным зафиксированных газопроявлений, возможно присутствие реликтовых газовых гидратов в интервале глубин 30–150 м (**Рисунок 1, Б**).

Выбросы газа из надсеноманских отложений в интервале ЗСГ неоднократно фиксировались при бурении разведочных и эксплуатационных скважин в виде фонтанирования газа и разгазирования промысловой жидкости (по данным ООО «Тюменьбурггаз», ООО «Газпром добыча Ямбург»).

Статистическая обработка фактических данных показывает, что газопроявления с динамикой, характерной для разложения газогидратов, на Заполярном НГКМ приурочены к 2-м интервалам глубин в пределах ЗСГ – 300-400 м (коллектора тибейсалинской свиты) и 480-580 м (коллектора танамской свиты). Суммарная мощность потенциально гидратосодержащих горизонтов обеих свит составляет около 200 м. Здесь можно ожидать присутствие промышленно-значимых скоплений газогидратов. Мощность отдельных газопроявляющих, потенциально гидратоносных интервалов не превышает 15 м (**Рисунок 1, Б**).

Оценка прогнозных ресурсов газа в надсеноманском разрезе первоочередных полигонов для постановки опытно-методических работ показала, что на Ямбургском месторождении площадь ЗСГ метана мощностью около 500 м составляет 5700 км<sup>2</sup>. При этом суммарная мощность коллекторов тибейсалинского возраста, попадающих в интервал ЗСГ, составляет около 150 м. Общие геологические ресурсы газа в надсеноманском разрезе могут составлять около 340 млрд. м<sup>3</sup> (**Таблица 2**). Извлекаемые ресурсы газа, в зависимости от коэффициента извлечения газа с учетом существующих технологий, могут варьировать от 100 до 240 млрд. м<sup>3</sup>. Исходя из анализа данных по газопроявлениям из интервала ЗСГ выделен наиболее перспективный объект для создания полигона на территории Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения - территория в районе газосборного пункта (ГП) №4, например, куст

№433 эксплуатационных скважин, а также ГП №9 (например, район скважины №9570) .

По проведенным расчетам, на Заполярном НГКМ площадь ЗСГ метана мощностью около 580 м составляет 1500 км<sup>2</sup>. При этом суммарная мощность коллекторов тибейсалинского и танамского возраста, попадающих в интервал ЗСГ, составляет около 200 м. Общие геологические ресурсы газа в надсеноманском разрезе могут составлять около 90 млрд. м<sup>3</sup>. Извлекаемые ресурсы газа, с учетом существующих технологий, в зависимости от коэффициента извлечения газа, могут варьировать от 27 до 63 млрд. м<sup>3</sup> (**Таблица 2**). По результатам анализа данных зафиксированных газопроявлений, определены наиболее перспективные объекты для постановки опытно-методических работ на территории Заполярного нефтегазоконденсатного месторождения - территории в районе ГП №1 и №3, например, кусты №104 и №307 эксплуатационных скважин.

**Таблица 2. Общие и извлекаемые ресурсы газа в надсеноманском разрезе первоочередных объектов для постановки опытно-методических работ на континентальные газогидраты**

Первоочередной объект	Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	Общие ресурсы, млрд.м <sup>3</sup>	Извлекаемые ресурсы, млрд. м <sup>3</sup>
Ямбургское НГКМ	5,7	340	100-240
Заполярное НГКМ	1,5	90	27-63

#### **Основные результаты выполненного исследования:**

1. Обоснованы факторы, определяющие перспективность гидратоносности надсеноманского разреза севера Западной Сибири как нетрадиционного источника углеводородов. Показано, что север Западной Сибири, отличающийся значительной протяженностью и разнообразием геологических условий, является перспективным гидратоносным регионом.
2. На основе геолого-структурных и термобарических факторов выполнено районирование севера Западной Сибири по перспективам гидратоносности надсеноманской части осадочного чехла. Показано, что Надым-Пур-

Тазовский регион является первоочередным для поисково-разведочных работ на газогидраты.

3. С учетом специфики гидратной формы нахождения газа проведена адаптация объемного метода подсчета ресурсов газа для континентальных гидратосодержащих отложений.
4. Выполнена оценка ресурсов гидратного газа в надсеноманском разрезе севера Западной Сибири. Общие геологические ресурсы газа составили 13 трлн. м<sup>3</sup>.
5. Обоснован выбор первоочередных объектов (полигонов) для проведения специализированных опытно-методических работ на природные газогидраты. В НПТР для постановки работ выделено 2 объекта - Ямбургское и Заполярное месторождения.

#### **Основные публикации по теме диссертации**

1. Валяев Б.М., Леонов С.А. Новые изотопно-геохимические критерии генезиса углеводородов // Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа: материалы второй международной конференции. – М.: изд-во Моск. Ун-та, 1998. – 238 с.
2. Углеродно-гелиевая изотопно-геохимическая система в расшифровке генезиса скоплений углеводородов / Б.М. Валяев, Ю.И. Гринченко, С.А. Леонов, Г.А. Титков, М.Ю. Чудецкий // XV Губкинские чтения, Москва, 3-4 ноября 1999 г.
3. Субаквальные газогидратные залежи – генезис, геология, особенности добычи и подготовки газа / Е.В.Перлова, В.С.Якушев, Н.А.Махонина, С.А. Леонов // Фундаментальные проблемы разработки нефтегазовых месторождений, добычи и транспортировки углеводородного сырья: материалы международной конференции. – М.: ГЕОС, 2004. – с. 82-84
4. Isotopic geochemical indicators of the genesis of oil and gas / B. Valyaev, S. Leonov., G. Titkov, M. Chudetsky. // Origin of Petroleum – Biogenic and/or Abiogenic and Its Significance in Hydrocarbon Exploration and Production: AAPG Hedberg Conference, Canada, 2005.
5. Submarine gas hydrate deposits: from genesis, geology to peculiarities of gas production and treatment / V. Istomin, E. Perlova, V. Yakushev, N. Makhonina, S. Leonov. // Proceedings of 5<sup>th</sup> International Conference on Gas Hydrates. – Trondheim, Norway, 2005. – v. 3. – P. 771-776

6. Географо-генетическая классификация природных газогидратных залежей / В.С.Якушев, Е.В. Перлова, Н.А.Махонина, С.А. Леонов // Проблемы геологии и геофизики природного газа России и сопредельных стран: сб. науч. трудов. – М.: ВНИИГАЗ, 2005. – С. 267-281
7. Субаквальные газогидратные залежи – от геологии до разработки / Е.В. Перлова, С.А. Леонов, В.С.Якушев, Н.А.Махонина // Проблемы геологии и геофизики природного газа России и сопредельных стран: сб. науч. трудов. – М.: ВНИИГАЗ, 2005. – С. 282-297
8. Методы разведки газогидратов в мерзлой толще и в подмерзлотных отложениях / В.С.Якушев, Е.В. Перлова, Н.А.Махонина, С.А. Леонов // Материалы третьей конференции геокриологов России, Москва, 2005. – Т.1. – С. 308-314
9. Континентальные газогидраты – криогенные ресурсы Земли / Е.В.Перлова, С.А. Леонов, В.С.Якушев, Н.А.Махонина // Приоритетные направления в изучении криосферы Земли: тезисы международной конференции, Пущино, 2005. – С.136-137
10. Perlova E.V., Makhonina N.A., Leonov S.A. Permafrost rocks as the collector of unconventional accumulations of hydrocarbons // The 2<sup>nd</sup> European Conference on Permafrost, Potsdam, Germany, 12-16 June 2005.
11. Субаквальные газогидраты - геология, геохимия, перспективы освоения / Е.В.Перлова, С.А. Леонов, В.С.Якушев, Н.А.Махонина // Газовая промышленность: спец. выпуск «Газовые гидраты», 2006. – с. 7-10
12. Леонов С.А. Морские гидратные скопления как индикатор нижележащих скоплений углеводородов на примере Черного и Охотского морей. // Нефть, газ Арктики: материалы международной научно-технической конференции. – М.: Интерконтакт Наука, 2007. – С. 237-247
13. Леонов С.А., Перлова Е.В., Якушев В.С. Скопления природных газогидратов как индикатор глубокозалегающих залежей нефти и газа. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2007. – 70 с.
14. Ресурсы и перспективы освоения нетрадиционных источников газа в России / Якушев В.С., Перлова Е.В., Истомин В.А. и др. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2007. – 151 с.
15. Первоочередные объекты для поиска гидратов метана в надпродуктивных толщах действующих месторождений севера Западной Сибири / Е.В.Перлова, В.С.Якушев, Н.А.Махонина, С.А. Леонов // Мировые ресурсы и запасы газа и



перспективные технологии их освоения: материалы 1 международной конференции, Москва, ВНИИГАЗ, 26-27 ноября 2007 г., D5.

16. Субаквальные газогидраты - перспективный источник нетрадиционных скоплений углеводородов и индикатор нижележащих традиционных газовых залежей Е.В.Перлова, С.А. Леонов, А.В. Самойлова, Н.А. Махонина // Полезные ископаемые мирового океана-4: материалы международной конференции. – С-Пб.: ВНИИОкеангеология, 2008 (CD).
17. Первоочередные объекты для поиска гидратов метана в надпродуктивных толщах действующих месторождений севера Западной Сибири / Е.В. Перлова, С.А. Леонов, В.С. Якушев, Н.А. Махонина // Полезные ископаемые мирового океана-4: материалы международной конференции. – С-Пб.: ВНИИОкеангеология, 2008 (CD).

Подписано к печати      января 2010 г.

Заказ №

Тираж 100 экз.

Объем 1 уч-изд. Л. Ф-т 60x84/16

Отпечатано в ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

Московская область, Ленинский р-н, п. Развилка,