

УДК 622.276

DOI 10.31087/0016-7894-2018-4s-107-112

## Комплексное освоение основных объектов ресурсной базы экспортного газопровода «Сила Сибири»

© 2018 г. | А.Е. Рыжов, Р.А. Жирнов, А.Г. Минко, А.С. Чудин, О.В. Ивченко, А.А. Контарев, О.А. Власенко

ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Московская область, Россия;  
a\_ryzhov@vniigaz.gazprom.ru; r\_jirnov@vniigaz.gazprom.ru; a\_minko@vniigaz.gazprom.ru; a\_chudin@vniigaz.gazprom.ru;  
o\_ivchenko@vniigaz.gazprom.ru; a\_kontarev@vniigaz.gazprom.ru; o\_vlasenko@vniigaz.gazprom.ru

Поступила 28.06.2018 г.

Принята к печати 10.07.2018 г.

**Ключевые слова:** *месторождение; интегрированная геолого-технологическая модель; матрица факторов влияния; прогноз динамики показателей разработки; комплексное освоение ресурсной базы; газопровод «Сила Сибири».*

Основными объектами ресурсной базы магистрального газопровода «Сила Сибири» являются Чаяндинское и Ковыктинское месторождения. Для обеспечения комплексного освоения необходимы единый подход к проектированию их разработки и создание интегрированной геолого-технологической модели месторождений. Многовариантное гидродинамическое моделирование на интегрированной геолого-технологической модели позволит прогнозировать выработку запасов углеводородного сырья с учетом процессов в наземных газосборных сетях, межпромысловых коллекторах и объектах подготовки добываемой продукции. Данная концепция проектирования позволит выбрать оптимальный вариант разработки месторождений с учетом синхронизации строительства и эксплуатации газодобывающих мощностей, качества и потребностей в товарной продукции.

Для цитирования: Рыжов А.Е., Жирнов Р.А., Минко А.Г., Чудин А.С., Ивченко О.В., Контарев А.А., Власенко О.А. Комплексное освоение основных объектов ресурсной базы экспортного газопровода «Сила Сибири» // Геология нефти и газа. – 2018. – № 4s. – С. 107–112. DOI 10.31087/0016-7894-2018-4s-107-112.

## Resource base of Power of Siberia gas export line: integrated development of major objects

© 2018. | A.E. Ryzhov, R.A. Zhirnov, A.G. Minko, A.S. Chudin, O.V. Ivchenko, A.A. Kontarev, O.A. Vlasenko

Gazprom VNIIGAZ, Moscow oblast, Russia;  
a\_ryzhov@vniigaz.gazprom.ru; r\_jirnov@vniigaz.gazprom.ru; a\_minko@vniigaz.gazprom.ru; a\_chudin@vniigaz.gazprom.ru;  
o\_ivchenko@vniigaz.gazprom.ru; a\_kontarev@vniigaz.gazprom.ru; o\_vlasenko@vniigaz.gazprom.ru

Received 28.06.2018

Accepted for publication 10.07.2018

**Key words:** *field; integrated geological and engineering model; influence matrix; prediction of development parameters profile; integrated development of resource base; Power of Siberia gas pipeline.*

The major objects of the resource base for the Power of Siberia gas export pipeline are Chayandinsky and Kovyktinsky fields. In order to ensure the integrated development of the major objects of the resource base for the Power of Siberia gas export pipeline, a consistent approach to reservoir engineering in Chayandinsky oil, gas, and condensate field, and Kovyktinsky gas condensate field is essential. Implementation of the consistent approach involves building an integrated geological and engineering model for Chayandinsky and Kovyktinsky fields. Multivariant hydrodynamic modelling using an integrated geological and engineering model will make it possible to predict production of hydrocarbon raw materials taking into account processes in land gas gathering systems, interfield trunk pipelines, and product treatment facilities. This design concept will allow selecting an optimal field development option taking into account synchronization of gas producing facilities construction and operation, quality and demand in saleable product. On the basis of new field information and actual requirements to gas production levels, it is necessary to adapt and advance an integrated geological and engineering model of Kovyktinsky and Chayandinsky fields in the course of their operation.

For citation: Ryzhov A.E., Zhirnov R.A., Minko A.G., Chudin A.S., Ivchenko O.V., Kontarev A.A., Vlasenko O.A. Resource base of Power of Siberia gas export line: integrated development of major objects. *Geologiya nefi i gaza = Oil and gas geology*. 2018;(4s):107–112. DOI 10.31087/0016-7894-2018-4s-107-112.

В настоящее время магистральный газопровод «Сила Сибири» является одним из самых крупных строительных проектов в мире и самой крупной планируемой системой транспортировки газа на востоке России.

Газ предполагается транспортировать из Якутского и Иркутского центров газодобычи, основными объектами ресурсной базы которых являются Чаяндинское и Ковыктинское месторождения. Планируемая протяженность трубопровода



**Рис. 1.** Схема транспортировки газа в Восточной Сибири [1]  
**Fig. 1.** Gas transportation scheme, Eastern Siberia [1]



составит 3000 км. В сентябре 2014 г. ПАО «Газпром» приступило к строительству первого участка газопровода «Сила Сибири» протяженностью около 2200 км от Чаяндинского месторождения до Благовещенска. Этот этап строительства планируется завершить к декабрю 2019 г. К 2021 г. будет построен второй участок газопровода от Ковыктинского месторождения до Чаяндинского, протяженность которого составит около 800 км. Далее планируется расширение газотранспортных мощностей на участке от Чаяндинского месторождения до Благовещенска (рис. 1) [1].

Единый подход к проектированию разработки Чаяндинского и Ковыктинского месторождений требует создания интегрированной геолого-технологической модели разработки основных объектов ресурсной базы магистрального газопровода «Сила Сибири». В рамках реализации Восточной газовой программы [1] планируется окончание эксплуатационного бурения и ожидается вывод на проектный уровень отбора газа с Чаяндинского месторождения в 2024 г., Ковыктинского — в 2025 г.

#### Геологические, территориальные, социально-экономические особенности регионов освоения

**Чаяндинское** нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ) расположено на территории Ленского и частично Мирнинского улусов (районов) Республики Саха (Якутия), в 170 км западнее Ленска, в 240 км юго-западнее Мирного. Основной транспортной магистралью этого района является р. Лена,

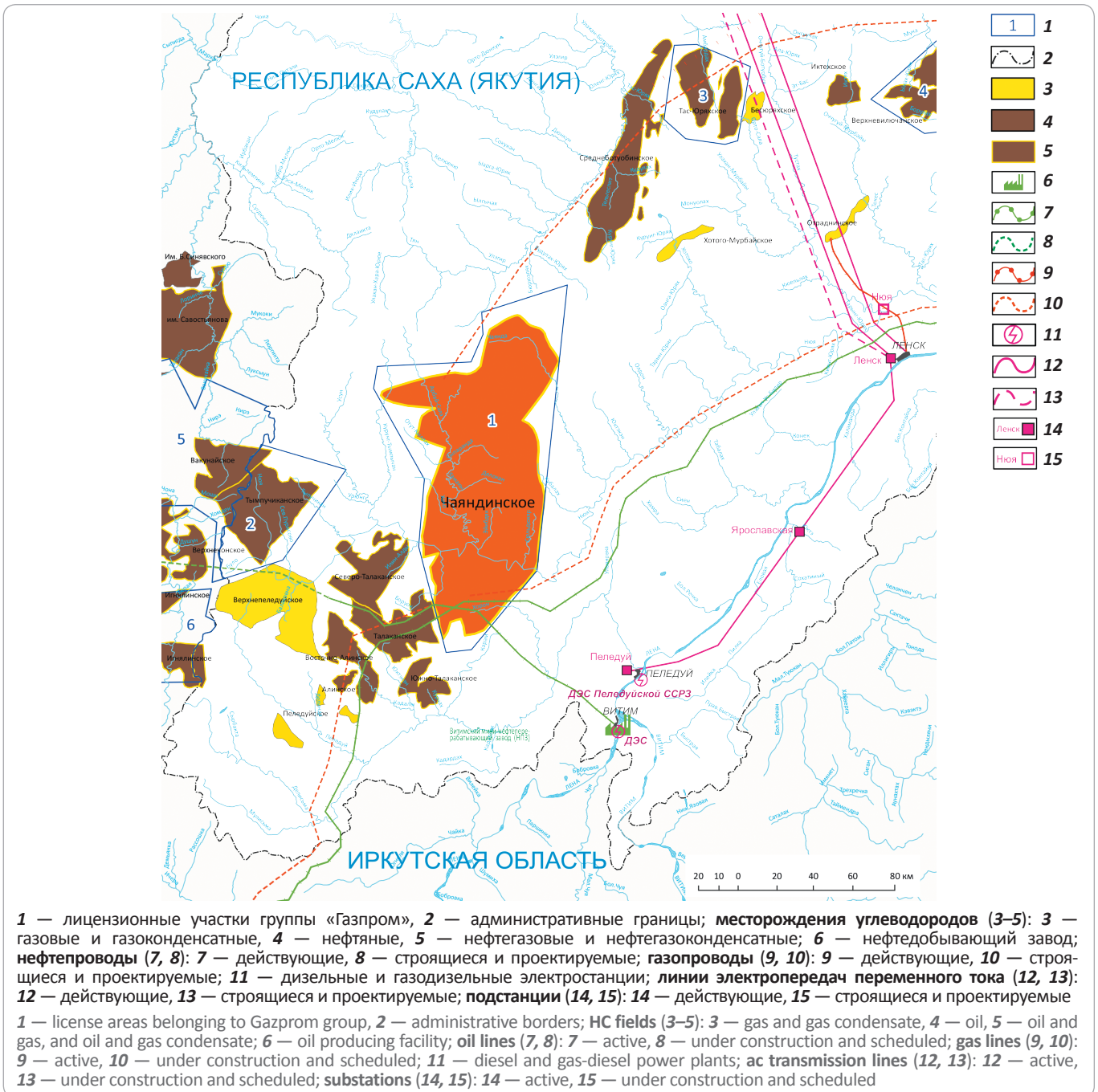
протекающая в 120 км к юго-юго-востоку от месторождения. Города Мирный и Ленск — крупные промышленные центры Республики Саха (Якутия).

Чаяндинское НГКМ приурочено к Ботуобинскому нефтегазодобывающему району. В непосредственной близости (~40 км) расположены Талаканское и Северо-Талаканское, в 50 км северо-восточнее — Среднеботуобинское нефтегазоконденсатные месторождения (рис 2). Геологический разрез Чаяндинского месторождения представлен нижнепротерозойскими образованиями кристаллического фундамента и рифейскими, вендскими, кембрийскими, юрскими, четвертичными отложениями осадочного чехла. Основную роль в строении осадочного чехла играют терригенно-карбонатные отложения венда и галогенно-карбонатные образования кембрия.

К промышленно газоносным отнесены пласты трех горизонтов, которые частично перекрываются. Основные продуктивные горизонты — ботуобинский и хамакинский — имеют более высокие коллекторские свойства. Залежь талаханского горизонта локально распространена в центральной части месторождения и характеризуется худшими фильтрационно-емкостными параметрами.

В пределах месторождения выделяется шесть крупных тектонических блоков: Северный, Северо-Западный, Западный, Южный-1, Южный-2 и Саманчакитский, с которыми связаны залежи УВ. В соответствии с данными сейсморазведочных работ внутри этих блоков выделены тектонические нарушения, которые, в свою очередь, разделяют их

**Рис. 2.** Обзорная схема Чаюндинского НГКМ [2]  
**Fig. 2.** Location map of the Chayandinsky oil and gas condensate field [2]



на более мелкие блоки. В результате структурных построений на месторождении выявлено 39 залежей, которые относятся к ловушкам неантиклинального типа, осложненным тектоническими и литологическими экранами.

Район характеризуется слаборазвитой инфраструктурой. В непосредственной близости от южного окончания Чаюндинского НГКМ проходит трубопроводная система «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО) — нефтепровод, протягивающийся

от Тайшета (Иркутская область) до нефтеналивного порта Козьмино в заливе Находка. 28 декабря 2009 г. была запущена первая очередь проекта ВСТО-1 — трубопровод от Тайшета до Сковородино протяженностью 2694 км и мощностью 30 млн т в год. А 25 декабря 2012 г. была сдана вторая очередь ВСТО-2 — Сковородино — Козьмино.

ВСТО соединяет месторождения Восточной Сибири с рынками Азиатско-Тихоокеанского региона. Протяженность нефтепровода 4740 км. Опе-

ратор нефтепровода — государственная компания ПАО «Транснефть».

Расширение деятельности ПАО «Газпром» в Якутии оценивается как серьезный стимул для роста уровня социально-экономического развития региона. В частности, строительство газотранспортных мощностей обеспечит возможность развития газификации. Газопровод «Сила Сибири» пройдет в том числе через южные районы Якутии. Трасса газопровода выбрана таким образом, чтобы газифицировать максимально возможное число населенных пунктов. На первом этапе будет построен магистральный газопровод «Сила Сибири», на втором Иркутский центр газодобычи будет соединен газопроводом с Якутским центром.

Маршрут трассы газотранспортной системы пройдет вдоль действующего магистрального нефтепровода ВСТО, что позволит оптимизировать затраты на инфраструктуру и энергоснабжение и в перспективе станет связующим звеном между центрами газодобычи Восточной Сибири и Дальнего Востока с газотранспортной сетью западной части страны.

**Ковыктинское** газоконденсатное месторождение (ГКМ) расположено в пределах Ангаро-Ленской нефтегазоносной области. В его разрезе глубоким бурением выявлен ряд потенциально перспективных объектов, которые могут содержать залежи углеводородов. Эти объекты представлены горизонтами терригенного, карбонатно-илигалогенно-карбонатного состава, которые содержат пласты-коллекторы с фильтрационно-емкостными системами разнообразной природы.

Перспективные горизонты сверху вниз по разрезу можно объединить в три группы, соответствующие комплексам осадочных пород определенного генезиса. Это — келорский, бильчирский, биркинский, атовский, христофоровский, балыхтинский и осинский горизонты, входящие в состав галогенно-карбонатного комплекса; устькутский, относящийся к сульфатно-карбонатному комплексу; парфеновский, боханский и базальный, приуроченные к терригенному комплексу. С песчаниками парфеновского горизонта связана промышленная газоносность Ковыктинского ГКМ.

В административном отношении Ковыктинское газоконденсатное месторождение расположено в Жигаловском и Казачинско-Ленском районах Иркутской области (рис. 3) [3].

Указанные районы Ковыктинского ГКМ характеризуются низким уровнем социально-экономического развития. Перспективы экономического роста территории связываются главным образом с освоением месторождения, что способно коренным образом трансформировать социально-экономическую ситуацию в районах. Помимо этого, определенный потенциал роста имеет сложившийся лесной комплекс, нуждающийся в модернизации и

обеспечении транспортными схемами с выходами на Транссиб и БАМ.

### **Проектно-технологические особенности разработки месторождений**

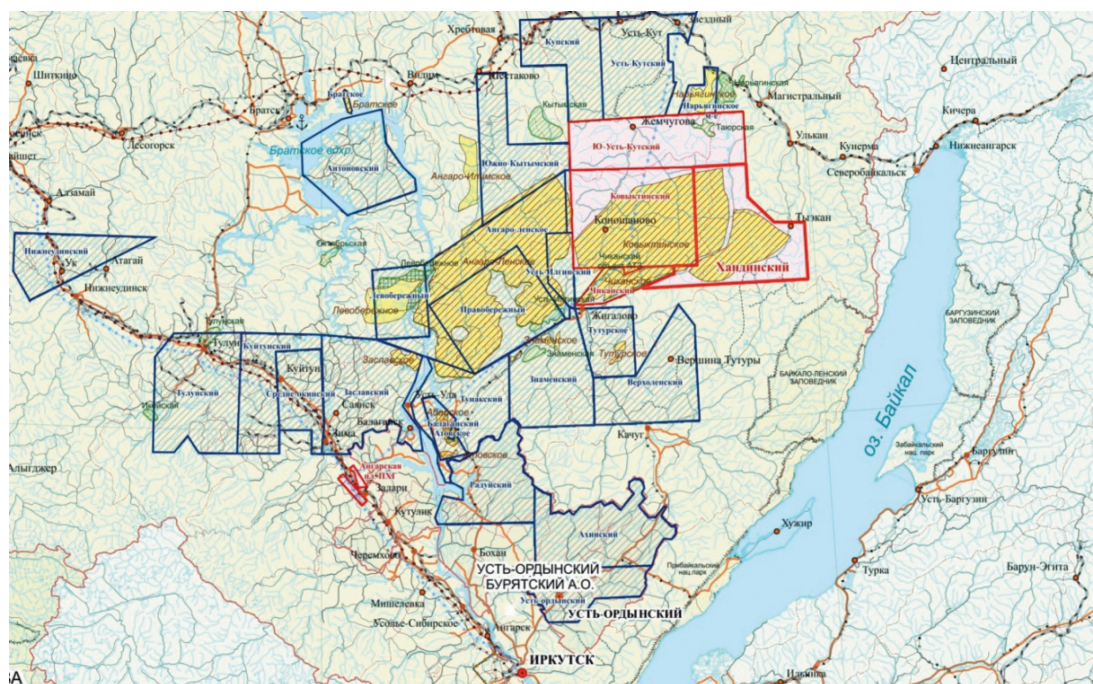
Чаяндинское месторождение состоит из нескольких разрабатываемых продуктивных горизонтов, добываемый газ из которых имеет сложный компонентный состав. На Чаяндинском месторождении впервые в России будет в промышленном масштабе использована технология мембранного извлечения гелия из природного газа непосредственно на промысле. Техническим проектом разработки Чаяндинского НГКМ предусматривается регулирование отборов газа из отдельных блоков месторождения для обеспечения сбалансированного состава добываемого газа и дальнейшей его переработки. Согласно техническим проектам, Чаяндинское и Ковыктинское месторождения предполагается разрабатывать системами горизонтальных и субгоризонтальных скважин.

Гидродинамическое моделирование выполняется с учетом местоположения и конструкций пробуренных и проектных скважин, включая такие параметры, как альтитуда, инклинометрия, диаметры колонн и т. д. При размещении скважин учитывались зоны максимальной плотности распределения запасов. Эксплуатационные скважины сгруппированы в кусты. Кустовые площадки размещены на месторождениях в соответствии с результатами изыскательских работ (вне русел рек, горных гряд, особо охраняемых природных зон). Поскольку в настоящее время ведутся активные работы по бурению и вводу в эксплуатацию новых скважин Чаяндинского НГКМ, представления о геологическом строении месторождения постоянно уточняются, периодически оптимизируется размещение кустовых площадок для бурения новых скважин, корректируются профили скважин с учетом анализа выполняемых в процессе бурения геолого-технологических и газодинамических исследований. На Чаяндинском и Ковыктинском месторождениях во избежание гидратообразования предполагается использование ингибиторов как в скважинах, так и в системе трубопроводов и на объектах подготовки газа.

### **Интегрированная геолого-технологическая модель разработки Ковыктинского и Чаяндинского месторождений**

Многовариантное гидродинамическое моделирование разработки месторождения позволяет обосновать выбор оптимального варианта промышленного освоения и разработки недр. Выбор расчетной модели, используемой для моделирования течения флюидов в пласте, представляет собой часть комплексной задачи моделирования системы «пласт – скважина – ГСС –

**Рис. 3.** Обзорная схема Ковыктинского ГКМ [3]  
**Fig. 3.** Location map of the Kovyktinsky gas condensate field [3]



1 2

**Лицензионные участки (1, 2): 1 — лицензионные участки группы «Газпром», 2 — Ковыктинский лицензионный участок**  
**License areas belonging to (1, 2): 1 — license areas belonging to Gazprom group, 2 — Kovyktinsky license area**

УКПГ». Расчетная модель позволяет прогнозировать динамику показателей разработки залежей с учетом обустройства месторождений. При выборе расчетной модели учитываются особенности геологического строения залежей, типы коллекторов, неоднородность, емкостные и фильтрационные характеристики продуктивных пластов, физико-химические свойства флюидов, насыщающих продуктивные отложения и закачиваемых в них, гидрогеологическая характеристика месторождений и региона в целом, анализ данных бурения, исследований скважин.

Формирование сценариев и вариантов освоения месторождений осуществляется с учетом основных факторов, влияющих на выработку запасов углеводородного сырья из недр. На рис. 4 и 5 представлены матрицы основных факторов влияния, учитываемых при формировании вариантов разработки газоконденсатных частей (залежей) Ковыктинского и Чаяндинского месторождений и нефтяных оторочек Чаяндинского НГКМ соответственно. Отборы газа из Чаяндинского и Ковыктинского месторождений должны быть скоординированы в соответствии с требованиями к суммарным годовым объемам добычи газа и качеству товарного газа, нефти и конденсата. Для обеспечения комплексного освоения основных объектов ресурсной базы магистрального газопровода «Сила Сибири» нужен единый подход к проектиро-

ванию разработки Чаяндинского и Ковыктинского месторождений.

Для решения данной задачи необходимо создание интегрированной геолого-технологической модели Чаяндинского и Ковыктинского месторождений, которая представляет комплекс геолого-гидродинамических моделей продуктивных горизонтов, моделей эксплуатационных скважин, наземных газосборных сетей, межпромыслового и магистрального транспорта (рис. 6) и учитывает график синхронизированного ввода добычных мощностей.

Интеграция и совершенствование геолого-технологической модели Ковыктинского и Чаяндинского месторождений способствуют повышению обоснованности прогнозов динамики показателей разработки залежей с учетом процессов в наземных газосборных сетях, межпромысловых коллекторах и объектах подготовки добываемой продукции. Для обеспечения проектной загрузки газопровода «Сила Сибири» и требований к качеству газа выбран единый подход к проектированию разработки Чаяндинского и Ковыктинского месторождений. Применение интегрированной геолого-технологической модели Чаяндинского и Ковыктинского месторождений позволит повысить эффективность освоения основных объектов ресурсной базы экспортного газопровода «Сила Сибири».



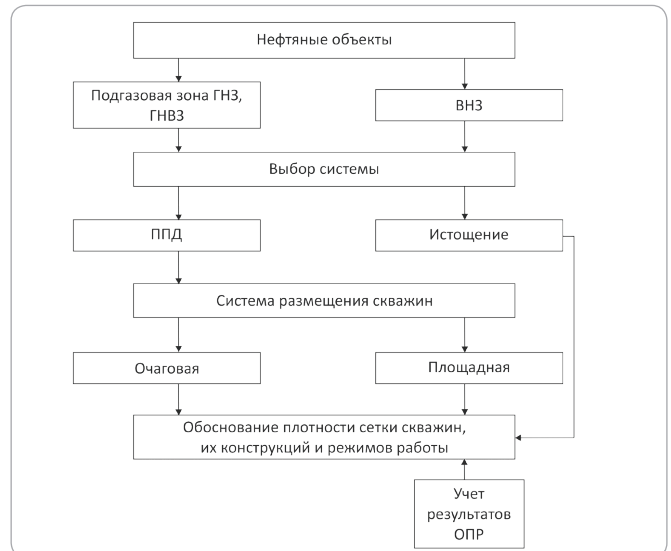
**Рис. 4.** Матрица основных факторов влияния, учитываемых при обосновании вариантов разработки газоконденсатных залежей

**Fig. 4.** Influence matrix; major factors taken into account in substantiation of gas condensate reservoir development



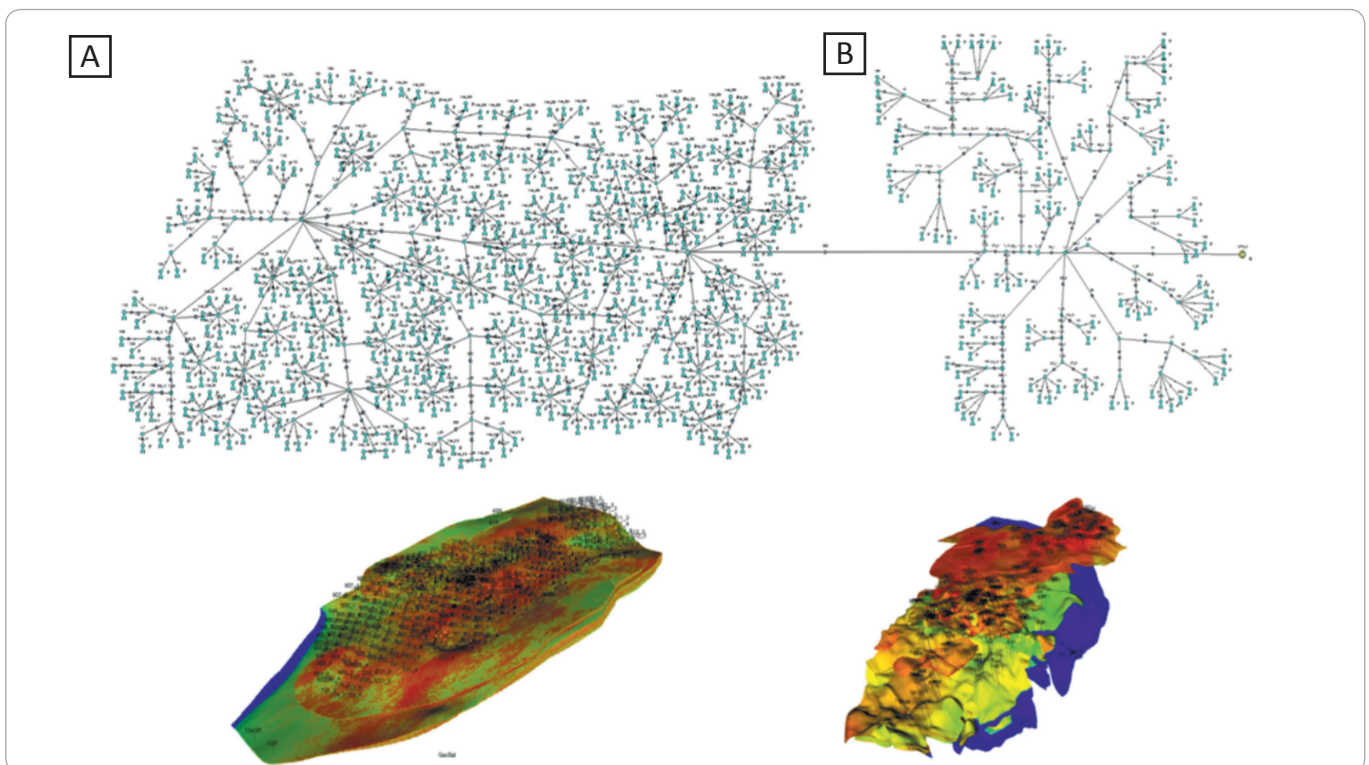
**Рис. 5.** Матрица факторов влияния, учитываемых при обосновании вариантов разработки нефтяных оторочек

**Fig. 5.** Influence matrix; major factors taken into account in substantiation of oil rim development



**Рис. 6.** Схема интегрированной геолого-технологической модели Ковыктинского (А) и Чаяндинского (В) месторождений

**Fig. 6.** Scheme of integrated geological and engineering model of Kovyktinsky (A) and Chayandinsky (B) fields



## Литература

1. Информационный интернет-портал ПАО «Газпром» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gazprom.ru> (дата обращения: 20.05.2018).
2. Поляков Е.Е., Рыжов А.Е., Ивченко О.В. и др. Решение научных проблем при подсчете запасов углеводородов Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения // Вести газовой науки. – 2017. – Т. 3. – № 31. – С. 172–186.
3. Научно-методические исследования в процессе опытно-промышленной разработки Ковыктинского газоконденсатного месторождения: отчет о НИР / ООО «Газпром ВНИИГАЗ». – М., 2015.