



И.А. Нагорная
ЗАО «МимГО»¹
заведующий сектором подсчета запасов
УВ и геологического моделирования
nagornaya@mimgo.ru



С.С. Гаврилов
канд. геол.-мин. наук
эксперт ГКЗ
ЗАО «МимГО»¹
директор
info@mimgo.ru



А.А. Мосесян
ЗАО «МимГО»¹
начальник отдела
проектирования разработки
и подсчета запасов
месторождений УВ



О.Б. Ямпольская
канд. геол.-мин. наук
ЗАО «МимГО»¹
заведующий сектором
сейсмогеологического
моделирования по Западной
Сибири и Арктическим
регионам



С.А. Нагорный
эксперт ГКЗ
ЗАО «МимГО»¹
заведующий сектором
проектирования разработки
месторождений УВ



В.В. Щербина
ЗАО «МимГО»¹
ведущий специалист сектора
проектирования разработки
месторождений УВ



Е.М. Балякина
ЗАО «МимГО»¹
геолог 1 категории сектора
подсчета запасов УВ
и геологического
моделирования

Определение нижней границы распространения природных газогидратов в залежи для подсчета запасов свободного газа на примере Мессояхского месторождения

¹Россия, 111123, Москва, шоссе Энтузиастов, 21.

Проблема выделения газовых гидратов в разрезе месторождений является весьма актуальной. Наличие газогидратов может осложнять как процесс бурения, так и непосредственно эксплуатацию скважин. Понимание занимаемого объема залежи природными газогидратами позволяет провести более точную оценку возможных к извлечению запасов УВ с индивидуальным подходом к системе разработки таких залежей. На примере Мессояхского месторождения предложен алгоритм принятия решений для подсчета запасов свободного газа с доказанным наличием газогидратонасыщенной частью продуктивного пласта

Ключевые слова: газогидраты; гидраты; запасы газа; свободный газ; подсчет запасов

Особенностью месторождений в зоне распространения многолетнемерзлых (ММП) пород является наличие вверх по разрезу природных газогидратов (рис. 1).

Газовые гидраты – соединения, в которых молекулы газа заключены в кристаллические ячейки, состоящие из молекул воды, удерживаемых водородной связью. Газовые гидраты могут образовываться и стабильно существовать в широком интервале давлений и температур (для метана от $2 \cdot 10^{-8}$ до $2 \cdot 10^3$ Мпа при температуре от 70 до 350 К). Некоторые свойства гидратов уникальны. Например, один объем воды связывает в гидратное состояние примерно 160 объемов метана. При этом ее удельный объем возрастает на 26% (при замерзании воды ее удельный объем возрастает на 9%).

Кристаллогидраты газа обладают высоким электросопротивлением и высокой акустической проводимостью. Они практически непроницаемы для молекул воды и газа.

Природные газогидраты представляют собой метастабильный минерал, образование и разложение которого зависит от давления и температуры, состава газа и воды, от свойств пористой среды, в которой они образуются.

Существуют два основных вида газогидратных залежей: первичные и вторичные. Первичные – это те, после формирования которых в них не происходило циклических фазовых переходов гидрат – свободный газ – вода – гидрат. Они обычно приурочены к акваториям. Вторичные газогидратные залежи обычно находятся на материках. Они формируются из скоплений свободного газа, расположенных под непроницаемыми литологическими покрывками, при понижении температур в разрезе пород ниже равновесной для данного газа. За геологическое время температура на материках неоднократно циклично изменялась, что приводило к циклическим фазовым переходам с образованием залежей газовых гидратов и свободного газа. В переходный период под газогидратной залежью

Рис. 1. Геологический разрез севера Западной Сибири (Агалаков С.Е., Курчиков А.Р. 2004)

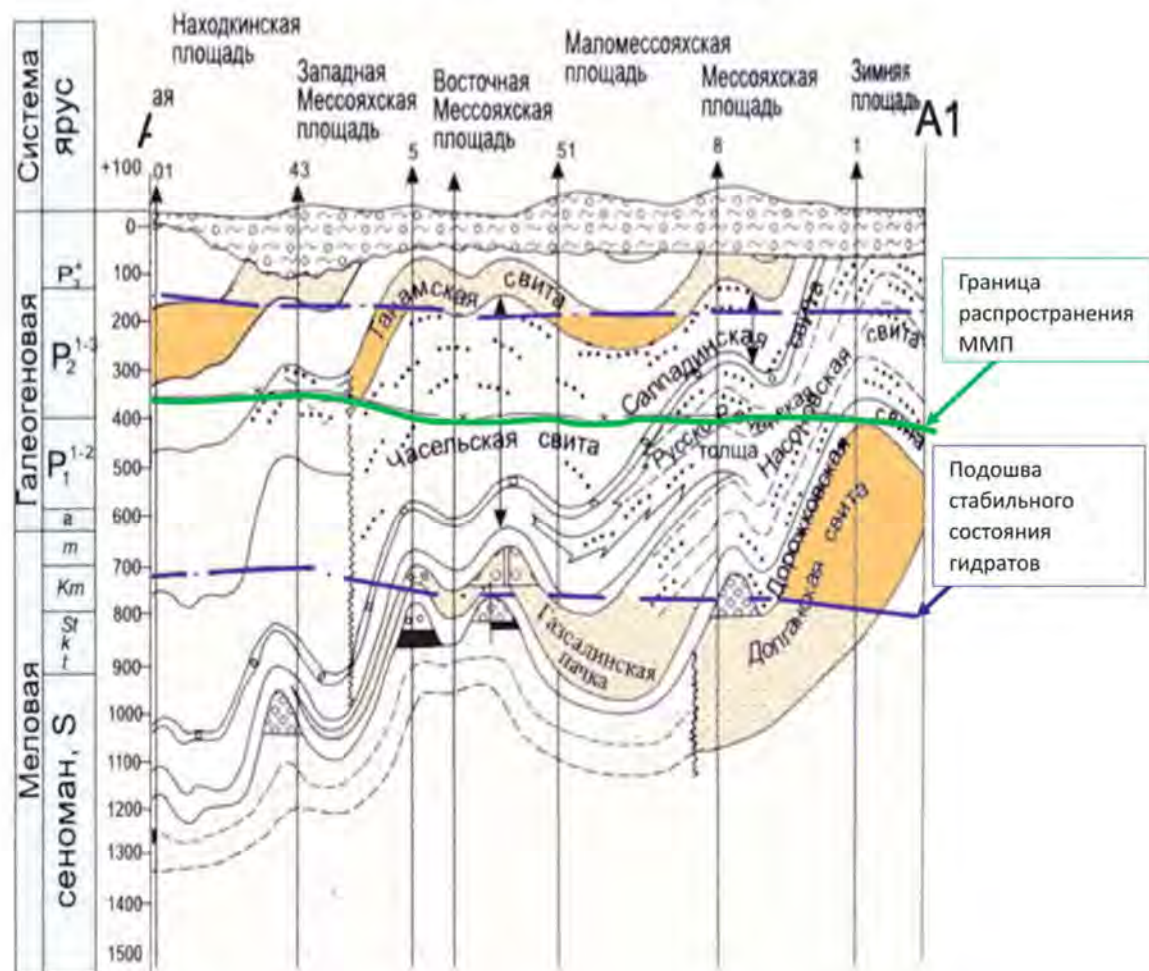




Рис. 2.
Дерево принятия решений

может существовать залежь свободного газа или нефти. Именно к этой категории относится Мессояхское месторождение, которое находится в завершающей стадии разложения гидратов (за счет повышения температуры в разрезе пород).

Подробно газогидраты на Мессояхском месторождении изучены исследователями Ю.Ф. Макогонном и А.Л. Сухоносенко. Образование гидратов обусловлено соответствием начальных пластовых температур и давлений равновесным условиям гидратообразования. Условия низких температур и высоких давлений свидетельствуют о возможности соединения метана с водой в пласте в твердой фазе.

Наличие газогидратонасыщенной части в залежи Мессояхского месторождения подтверждается низкими дебитами газа, большим количеством поступающей с газом низкоминерализованной воды и данными ГИС.

Определение нижней границы распространения газогидратов (т.н. газогидратный контакт, ГГК) является важной задачей для определения корректного количества заключенного в остальной части залежи свободного газа, а также для применения грамотной системы разработки.

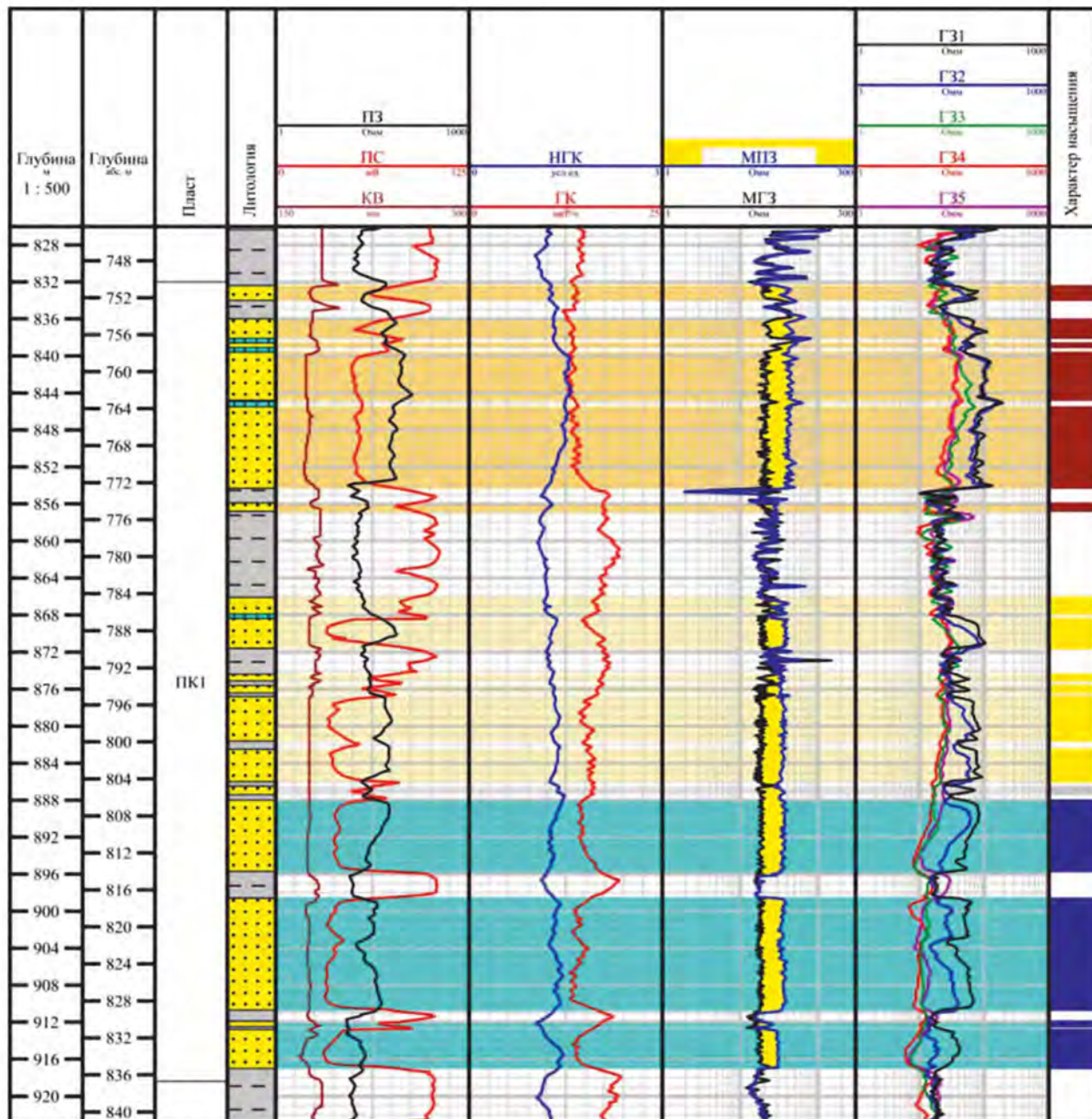
Поэтому при составлении отчета по подсчету запасов Мессояхского месторождения была вы-

явлена необходимость сформировать методику подсчета запасов месторождений газа на территориях, где часть разреза заполнена природными газогидратами. Но при этом набор исходной информации для подсчета запасов максимально приближен к тому, с которым приходится работать геологам и геофизикам при любом другом подсчете запасов, т.е. стандартный.

Составители подсчетов запасов не могут рассчитывать на то, что при обнаружении газовых гидратов недропользователь будет инвестировать значительные средства, особенно на раннем этапе геологоразведки, в изучение гидратов и их условий залегания, принимая во внимание, что технологии разработки гидратов пока не существует, и их в терминах государственного

Рис. 3.
Характерная геофизическая характеристика залежей природного газа: 1 – глинистая покрывка, 2 – газонасыщенный песчаник, 3 – гидратонасыщенный песчаник, 4 – водонасыщенный пласт





Условные обозначения

■ Гидрат ■ Газ ■ Вода ■ Неясно

Рис. 4.
Пример выделения гидратов скважины № 6

баланса полезных ископаемых нельзя считать ни запасами, ни ресурсами.

На основании проанализированной исходной информации было разработано «дерево» принятия решений для месторождений, находящихся в одинаковых условиях с Мессояхским месторождением (рис. 2).

В случае Мессояхского месторождения, согласно разработанной методике принятия решений, можно перейти именно к подсчету запасов УВ с определением условной поверхности ГК.

Таким образом, в основу определения границы распределения гидратов положены косвенные признаки наличия гидратов, определяемые по ГИС или данным опробования и эксплуатации скважин. Метод предполагает определенные допущения, но все же достаточно надежен и точен для достижения поставленной цели.

Для определения нижнего уровня газогидратонасыщения (уровень ГК) в рамках подсчета запасов Мессояхского месторождения был проанализирован комплекс исходной информации.

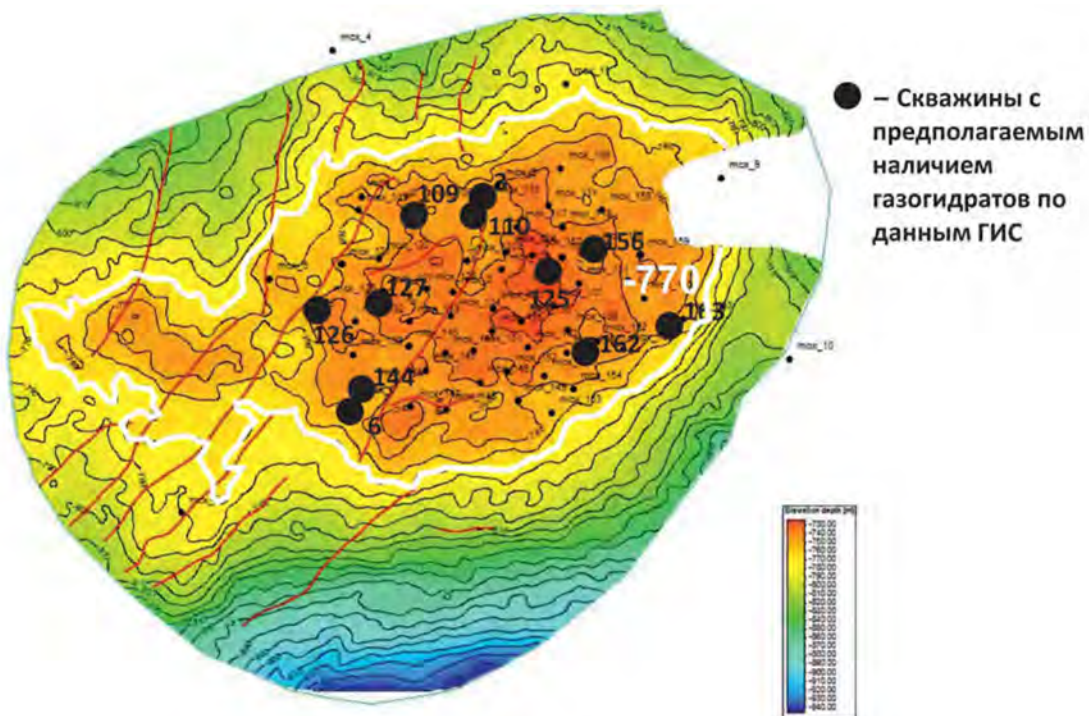
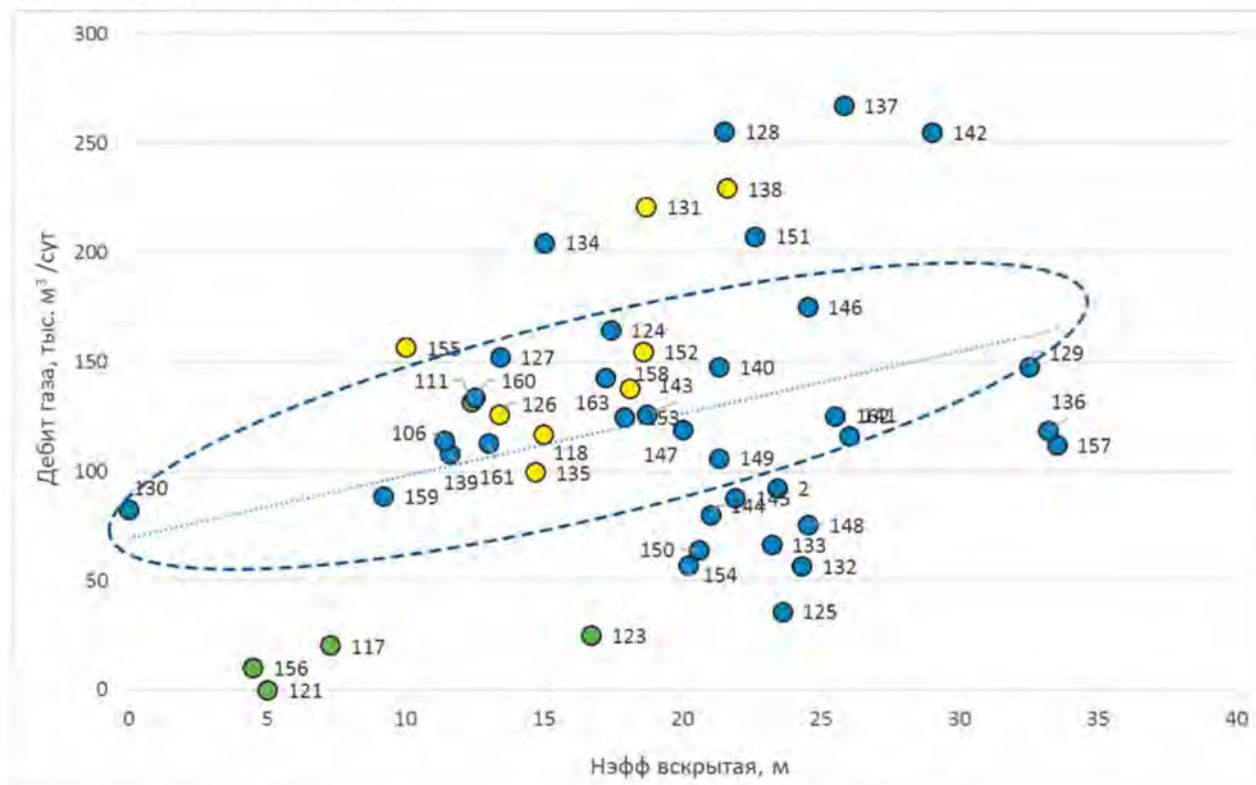


Рис. 5
Структурная карта по отражающему горизонту Г с нанесенными скважинами с предполагаемым наличием газогидратов по данным ГИС

Рис. 6.
Зависимость стартовых дебитов газа по скважинам (зеленый – перфорация только в верхней части залежи, желтый – перфорация в нижней части залежи, синий – перфорация как верхней, так и нижней части залежи) от вскрытой эффективной газонасыщенной толщины



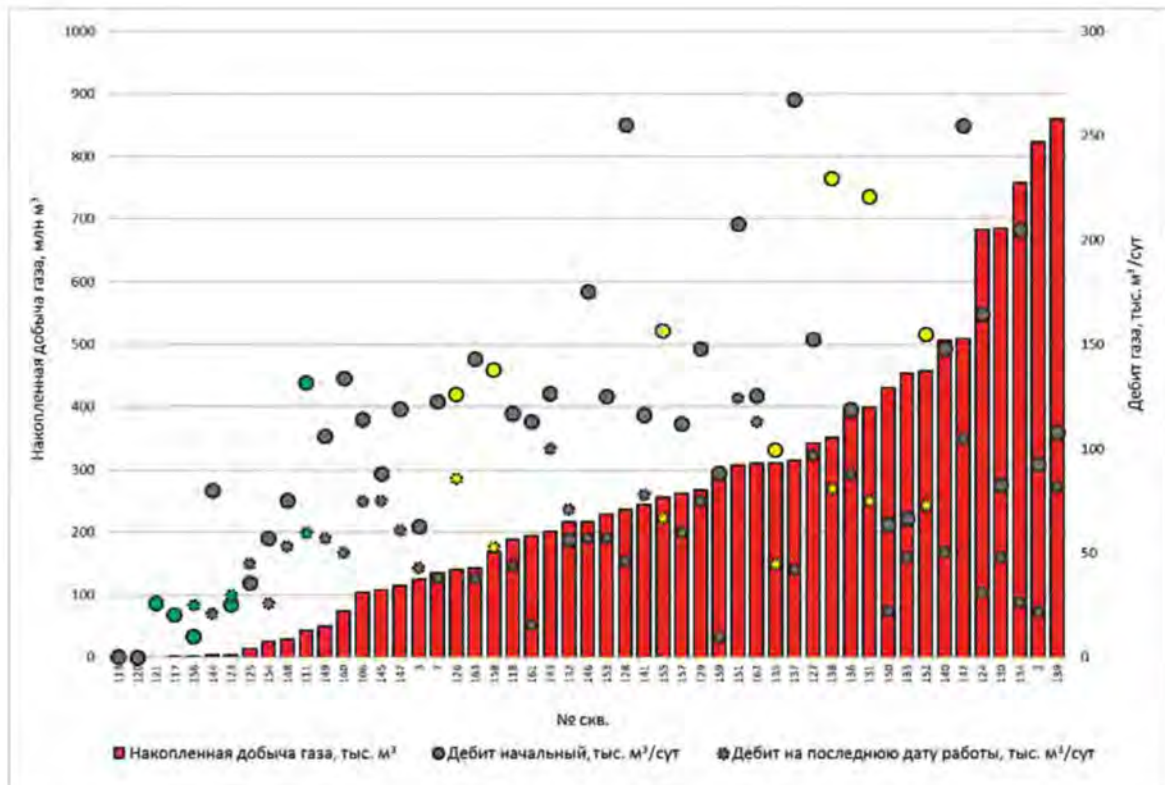
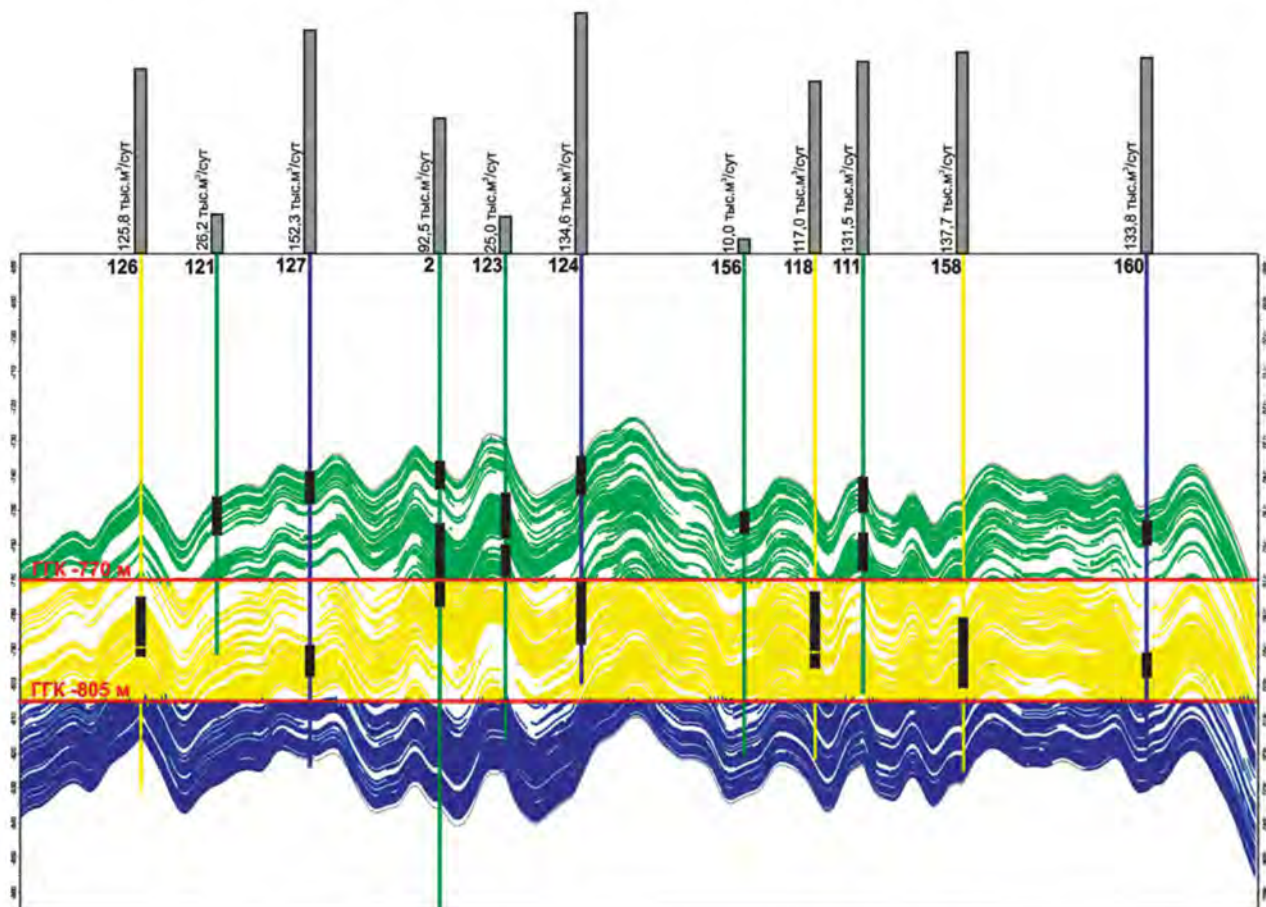


Рис. 7.
Распределение скважин объектов ДЛ-1 по среднегодовым дебитам и накопленной добычи газа

Рис. 8.
Анализ величины стартовых дебитов от положения перфорации в пласте



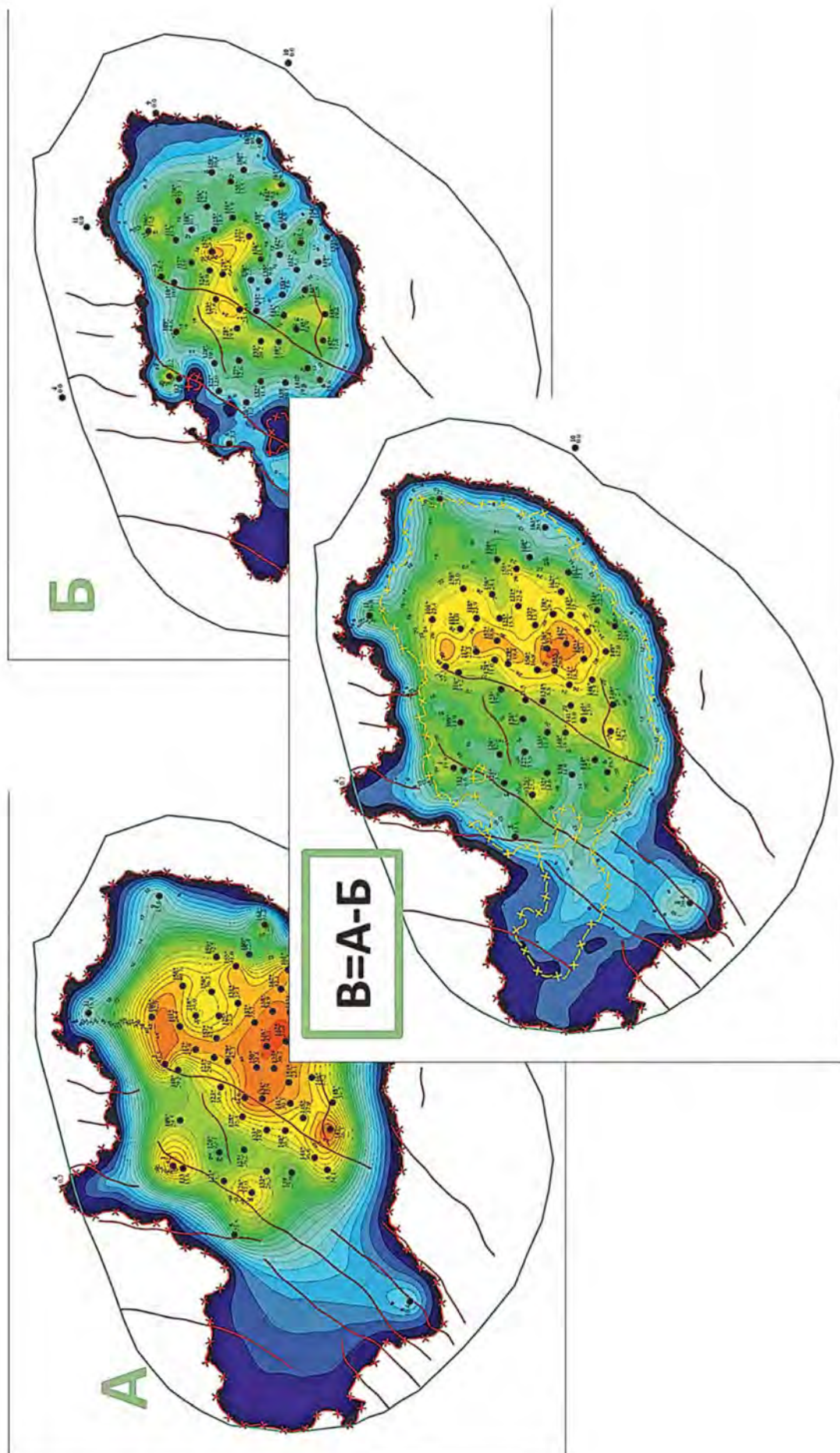


Рис. 9. Получение результирующей карты эффективных газонасыщенных толщин продуктивного пласта ДЛ-1 Мессояжского месторождения

Одним из способов выделения газогидратов в разрезе является выделение интервалов по данным ГИС (рис. 3). Для гидратов характерно увеличение значений ПС и ПЗ относительно показаний в газовой и водоносной частях разреза. Для последних характерным является единый уровень данных ПС в песчаных прослоях и возможное уменьшение ПЗ в водоносных пластах.

Пример выделения гидратов в скв. № 6 приведен на рис. 4. Согласно данному признаку были выявлены скважины с наличием газогидратов и скважины с предполагаемыми интервалами газогидратов.

Скважины с предполагаемым наличием газогидратов были нанесены на структурную карту по отражающему горизонту Г (рис. 5), скважины оказались приурочены к купольной части залежи.

Из рис. 6 видно, что скважины, проперфорированные в верхней части залежи, являются низкодебитными, несмотря на достаточно мощные вскрытые эффективные толщины. Рис. 7 показывает, что перфорация в обеих частях залежи не дает существенных отличий от значений дебитов при перфорации только нижней части, т.е. верхние интервалы перфорации не работают.

Учитывая данные ГИС (рис. 4–5), промысловую информацию (рис. 6–8) и ее анализ, а также результаты численных экспериментов, проведенных в рамках работы А.Л. Сухоносенко «Термодинамическое моделирование процессов разработки газогидратных месторождений»

в 2013 г., показывающих, что давление в блоках, находящихся ниже газогидратного контакта, меньше равновесного давления гидратообразования, происходит разложение газовых гидратов, был определен уровень, отделяющий газогидратную часть пласта от газовой. Уровнем является субгоризонтальная поверхность на а.о. -770 м.

Таким образом, продуктивный пласт ДЛ-1 Мессояхского месторождения представляет собой массивную залежь, запасы свободного газа которой располагаются в коллекторах между газогидратной «шапкой» и подстилающей во-дой.

Карта эффективных газонасыщенных толщин продуктивного пласта Мессояхского месторождения (рис. 9 В) была построена по принципу, применяемому для залежей УВ с присутствующей шапкой УВ в другом фазовом состоянии, т.е. путем вычитания из карты общих насыщенных толщин (рис. 9 А) карты коллекторов, насыщенных гидратами (рис. 9 Б).

Разработанная методика была представлена на ЭТС в ФБУ ГКЗ, где проблема выявления газогидратов и их геометризация единогласно признана очень актуальной и вызвала достаточно активное обсуждение. Экспертами были даны рекомендации как недропользователю по программе доизучения месторождения для более уверенного определения ГКЗ, так и авторам методики для продолжения научных изысканий в данном направлении. 

UDC 553.98

I.A. Nagornaya, Head of the Sector for Calculating Hydrocarbon Reserves and Geological Modeling of ZAO MiMGO¹, nagornaya@mimgo.ru

S.S. Gavrilov, PhD, GKZ expert, Director of ZAO MiMGO¹, info@mimgo.ru

A.A. Mosesyan, Head of the Department for Designing the Development and Calculation of HC Resources of ZAO MiMGO¹.

O.B. Yampolskaya, PhD, Head of the seismological and geological modeling sector in Western Siberia and the Arctic regions of ZAO MiMGO¹.

S.A. Nagorny, GKZ expert, Head of the HC field development design sector of ZAO MiMGO¹.

V.V. Tsherbina, Leading Specialist of the HC Development Field of ZAO MiMGO¹.

E.M. Balyakina, Geologist of the 1st Category of the Hydrocarbon Reserves and Geological Modeling Sector of ZAO MiMGO¹.

¹21 Enthusiasts highway, Moscow, 111123, Russia.

Determination of the Lower Border of Natural Hydrate Distribution in the Gas Deposits for the Calculation of the Gas Reserves on the Example of Messoyakha Field

Abstract. The problem of allocation of gas hydrates in the deposits is very relevant. The presence of gas hydrates can complicate both the drilling process and the operation of wells. So the understanding of the volume of natural hydrate inside deposits allows for a more accurate assessment of the possible extraction of hydrocarbon reserves with an individual approach to the development of such deposits. On the example of Messoyakha field the decision-making algorithm for calculation of free gas reserves with proven presence of gas hydrate-saturated part of the reservoir is proposed.

Keywords: gas-hydrate; hydrate; gas reserves; free gas; reserve calculation