

УДК 550.8.053

Новые данные о размещении нефтегазопродуктивных зон баженовских отложений Западной Сибири

© 2018 г. | М.Б. Скворцов, Г.В. Кузнецов, Н.Д. Сулова, Е.А. Копилевич

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт», Москва, Россия; skvortsov@vnigni.ru; kuznecovgv@vnigni.ru; surova_n@mail.ru; e_kopilevich@vnigni.ru

Поступила 08.11.2017 г.

Принята к печати 08.02.2018 г.

Ключевые слова: *баженовская свита; комплексный спектрально-скоростной прогноз; атрибуты; перспективные зоны.*

Статья посвящена результатам выявления нефтегазопродуктивных зон баженовских отложений по методике, которая представляет собой адаптацию инновационной технологии комплексного спектрально-скоростного прогноза типов геологического разреза и фильтрационно-емкостных свойств коллекторов. Для сертификации разреза и локализации продуктивных зон баженовской свиты использовались атрибуты различной физической природы: сейсмические спектрально-временные; содержания органического вещества; дебита нефти (данные получены непосредственно из баженовской свиты); пластовое давление; пластовая температура. Комплексирование физически разнородных исходных атрибутов позволило в значительной степени повысить точность полученных результатов. Полученная карта типов геологического разреза баженовской свиты позволяет с большой долей достоверности локализовать перспективные зоны развития баженовских отложений.

Для цитирования: Скворцов М.Б., Кузнецов Г.В., Сулова Н.Д., Копилевич Е.А. Новые данные о размещении нефтегазопродуктивных зон баженовских отложений Западной Сибири // Геология нефти и газа. – 2018. – № 2. – С. 89–96. DOI: 10.31087/0016-7894-2018-2-89-96.

New data on the Bazhenov pay zones occurrence in West Siberia

© 2018 | M.B. Skvortsov, G.V. Kuznetsov, N.D. Surova, E.A. Kopilevich

All-Russian Research Geological Oil Institute, Moscow, Russia; skvortsov@vnigni.ru; kuznecovgv@vnigni.ru; surova_n@mail.ru; e_kopilevich@vnigni.ru

Received 08.11.2017

Accepted for publication 08.02.2018

Key words: *Bazhenov formation; integrated spectral and velocity prediction; attributes; prospects.*

The paper presents the new methodology of integrated prediction of oil and gas prospects on the basis of time-spectral seismic attributes. The study area covers the Tyumen, Omsk, Tomsk, Novosibirsk regions, Khanty-Mansi Autonomous Okrug, and Yamal-Nenets Autonomous Okrug. Seismic information alone is not sufficient for obtaining the sustainable, reliable, and geologically reasonable results. Methodology of integrated seismic-pressure-temperature and geochemical prediction of pay zones within the West Siberian Bazhenov sequences was developed in VNIGNI. The basis of this methodology is an innovative technology for integrated time-spectral prediction. Time-spectral seismic attributes, pressure and temperature attributes, and geochemical parameters are used as input data. Reservoir development principles in Bazhenites are associated with thermal anomalies and abnormal reservoir pressure, thus pressure and temperature conditions determine the catagenesis degree of high-carbon bituminous-type deposits. Temperature and formation pressure largely determine the subsurface elastic properties. Geochemical parameter determines the organic matter content. As a result of the studies carried out, new data on the location of oil and gas promising types of geological column were obtained for West Siberia. The authors managed to prove that integration of the proposed attributes has increased the confidence level of the predicted map by 27% compared to the similar one created with the use of seismic data only. The obtained new data allow increasing accuracy and reliability of hydrocarbon reserves evaluation, detailed CDP seismic surveys location, and also drilling of prospecting, exploration and development wells. And thus improve geological and economic efficiency of exploration and prospecting for oil and gas in these deposits.

For citation: Skvortsov M.B., Kuznetsov G.V., Surova N.D., Kopilevich E.A. New data on the Bazhenov pay zones occurrence in West Siberia. *Geologiya nefi i gaza = Oil and gas geology*. 2018;(2):89–96. DOI: 10.31087/0016-7894-2018-2-89-96.

Несмотря на доказанную более 40 лет назад промышленную нефтеносность баженовской свиты, апробированной методики прогноза и локализации перспективных зон до сих пор не существует. Это связано в первую очередь с тем, что нет общепринятой геологической модели баженовской свиты, а это,

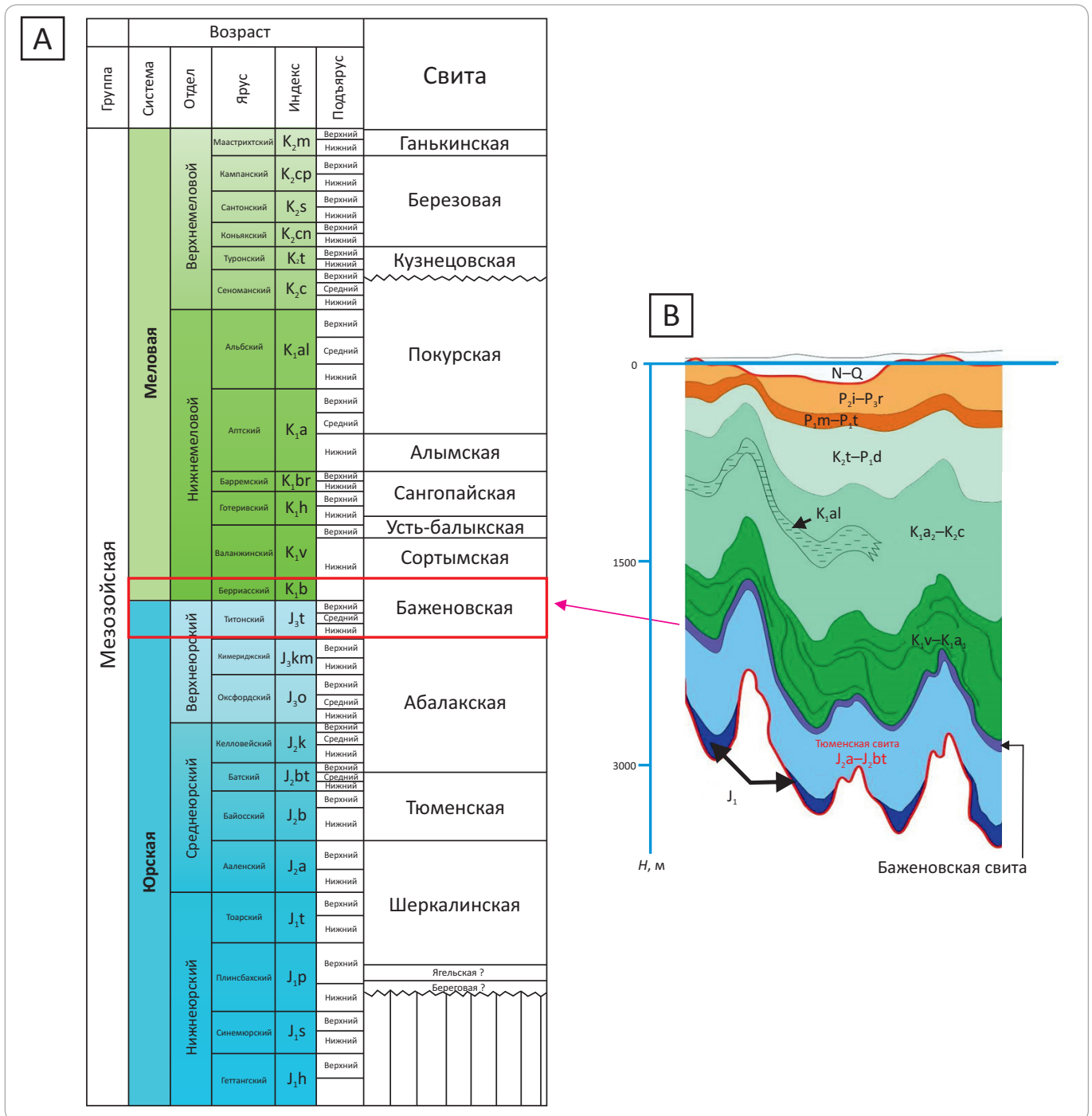
в свою очередь, не позволяет выделять априорные геологические параметры и устанавливать качественные связи между ними и сейсмическими атрибутами.

На примере отложений баженовской свиты Западной Сибири рассмотрим результаты применения технологии комплексного спектрально-скоростного



HC HARD-TO-RECOVER RESERVES AND UNCONVENTIONAL SOURCES

Рис. 1. Стратиграфическая колонка (А) и схематический разрез мезо-кайнозойских отложений (В) объекта исследований
 Fig. 1. Stratigraphic chart (A) and schematic cross-section of Mesozoic-Cenozoic deposits (B) of the object under investigation



прогнозирования при локализации и прогнозе продуктивных зон [1–3].

Спектрально-временные сейсмические атрибуты представляют собой произведение удельной спектральной плотности на максимальную или средневзвешенную частоту и время, а также отношение энергии высоких частот и больших времен к энергии низких частот и малых времен энергетических спектров результата преобразования сейсмической записи по оси частот и времен (СВАН-колонка) [4].

Баженовская свита — это верхнеюрско-нижнемеловые (верхневолжско-валанжинские) нефтематеринские карбонатно-глинисто-кремнистые отложения, аномально обогащенные ОВ и широко распространенные в Западной Сибири.

Наиболее однородные свойства, такие как общая толщина и литологический состав, характерны для разрезов с содержанием органического вещества ($C_{орг}$) более 5 % и глинистостью не более 30 %. Нижняя граница баженовских отложений — абалакская

и георгиевская свиты, верхняя — существенно глинистые породы фроловской свиты (рис. 1).

Предлагаемый подход не распространяется на аномальные разрезы баженовской свиты, содержащие песчано-алевритовые прослои.

Закономерности распределения нефти в баженовской свите определяются начальными концентрациями ОВ в породах и его катагенетической зрелостью. Формирование эффективных коллекторов в этих породах напрямую связано с процессом катагенетического преобразования ОВ, поэтому при прогнозе перспективных зон баженовской свиты обязательно привлечение результатов геохимических исследований (рис. 2).

Пористость пород баженовской свиты обусловлена двумя процессами: диагенезом пород и крекингом. Диагенез пород — постседиментационные процессы преобразований пород (окремнение, карбонатизация) — не зависит от степени катагенеза ОВ и по-разному проявляется в различных литотипах. Крекинг твердого ОВ (керогена) по мере роста катагенеза с образованием жидких и газообразных флюидов сопровождается разрушением пород и образованием «органической» пористости из-за увеличения объема ОВ.

Объем сообщающихся пор в керогене, имеющий практическое значение, проявляется в породах при стадии катагенеза ОВ выше МК₃. Тогда пористость имеет отчетливую зависимость от содержания С_{орг}. При этом катагенные превращения ОВ формируют не только субгоризонтальную трещиноватость, но и, главным образом, поровую емкость во всей «матрице» баженовской породы. При степени катагенеза ОВ ниже МК₃ коллекторы формируются только за счет межкристаллических, межзерновых и межскелетных пор и трещин. При стадии катагенеза ОВ выше МК₃ коллектором становится практически весь разрез баженовской свиты за счет появления большого объема связанных пор в керогене.

С учетом сложного строения порового пространства баженовской свиты фильтрационно-емкостные свойства породы наиболее хорошо характеризует дебит нефти, который и был использован при прогнозе.

По результатам бурения и гидродинамических исследований установлено, что для продуктивных зон баженовской свиты характерны аномально высокие температуры и давления (рис. 3, 4).

Аномальные давления являются следствием, а не причиной естественной продуктивности баженовской свиты. Прогноз аномального давления, если его удастся осуществить без бурения скважин, локализует участки с естественной продуктивностью свиты. В то же время значение пластовой температуры баженовской свиты однозначно рассматривается в качестве критерия для характеристики региональных перспектив нефтеносности данных отложений.

Таким образом, для решения задачи прогноза необходимо использовать термобарические данные, которые помогут районировать территорию исследований по степени перспективности баженовской свиты.

Термобарические параметры (давление и температура), характеризующие степень катагенеза высокоуглеродистых отложений битуминозного типа, в значительной степени определяют упругие свойства среды (Япаскурт О.В., 2008) и позволяют использовать сейсмическую информацию в комплексе с фильтрационно-емкостными, геохимическими и термобарическими показателями.

По данным ГИС и сейсморазведки МОГТ устанавливаются спектрально-временные образы различных типов геологического разреза, определяются их количественные спектрально-временные атрибуты (рис. 5).

При прогнозе и локализации продуктивных зон баженовской свиты для сертификации геологического разреза использовались следующие параметры: сейсмические спектрально-временные атрибуты; показатель С_{орг}; дебит нефти, полученный из баженовской свиты; пластовое давление; пластовая температура.

В качестве эталонов использовано 276 скважин с известной продуктивностью баженовских отложений. По скважинной информации, а также данным сейсморазведки выделено четыре типа геологического разреза баженовских отложений: I тип характеризуется $Q \geq 100 \text{ м}^3/\text{сут}$; II тип — $Q = 15-100 \text{ м}^3/\text{сут}$; III тип — $Q = 1-15 \text{ м}^3/\text{сут}$; IV тип — $Q = 0$ (сухие).

На основе применения вероятностно-статистического алгоритма (с учетом взаимной корреляции исходных атрибутов) с последующими адаптивной и двухмерной фильтрациями проведена комплексная формализованная интерпретация сертифицированных атрибутов: сейсмических, термобарических и геохимического. Нефтегазопродуктивные типы геологического разреза высокоуглеродистых отложений битуминозного типа выделены количественно и в любой точке исследуемого пространства. Средняя достоверная вероятность (P) картирования четырех типов разреза баженовских отложений по данным 276 скважин составила 0,8 [5, 6].

На результативной карте типов геологического разреза нефтегазопродуктивных баженовских отложений (см. рис. 5) уверенно выделяются такие известные месторождения, как Салымское и Приразломное, которые попадают в зоны преимущественно I и II типов. На западе выделяются месторождения Краснотенинского свода, где также преобладают I и II типы разреза. Перспективная зона II типа разреза выявлена на северо-востоке провинции, к северу от Краснотенинского свода. На карте температур (см. рис. 3) этим месторождениям соответствует зона аномально высоких температур.



HC HARD-TO-RECOVER RESERVES AND UNCONVENTIONAL SOURCES

Рис. 2. Карта средних концентраций $C_{орг}$ баженовской свиты
 Fig. 2. Map of average $C_{орг}$ concentration in the Bazhenov Fm

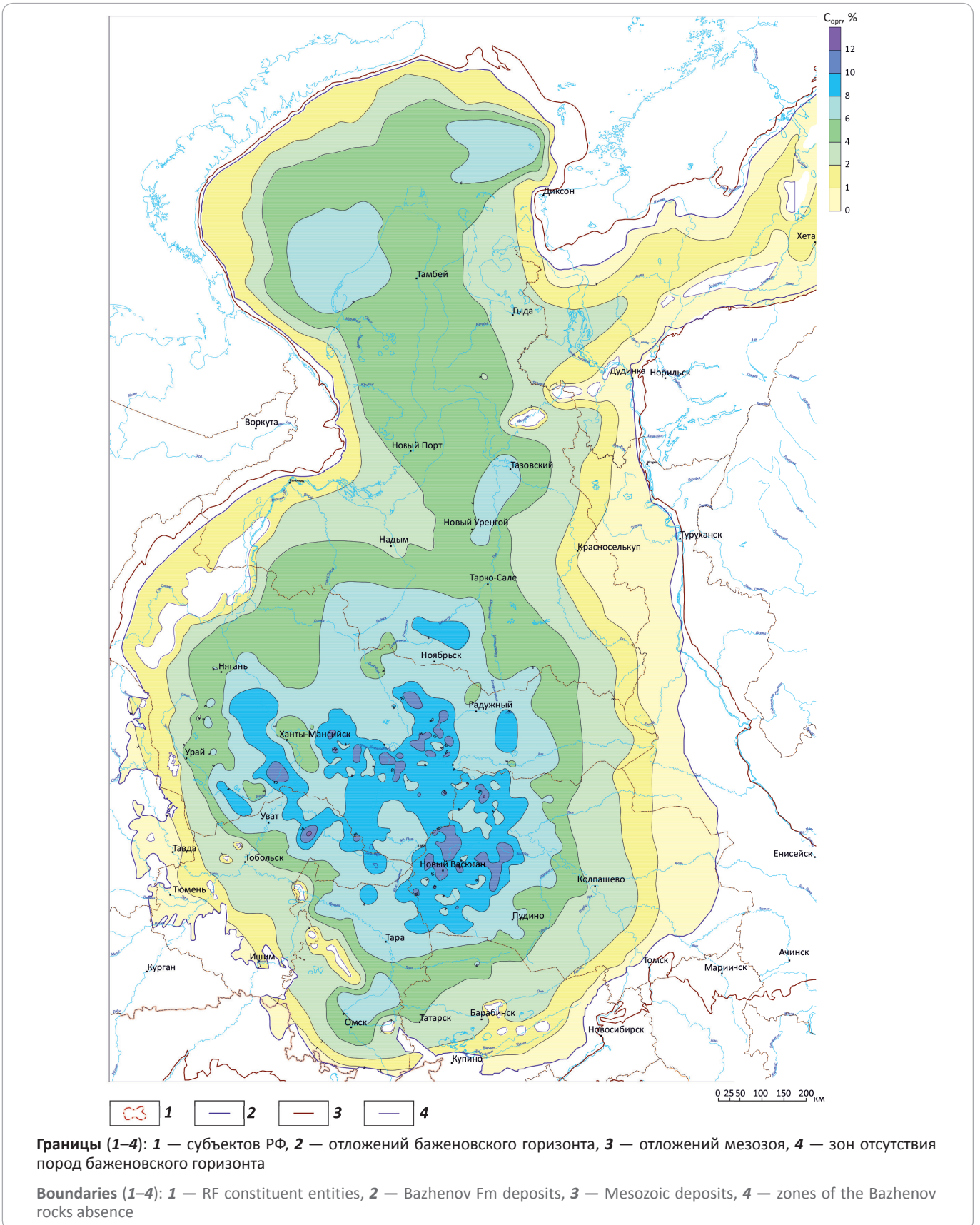
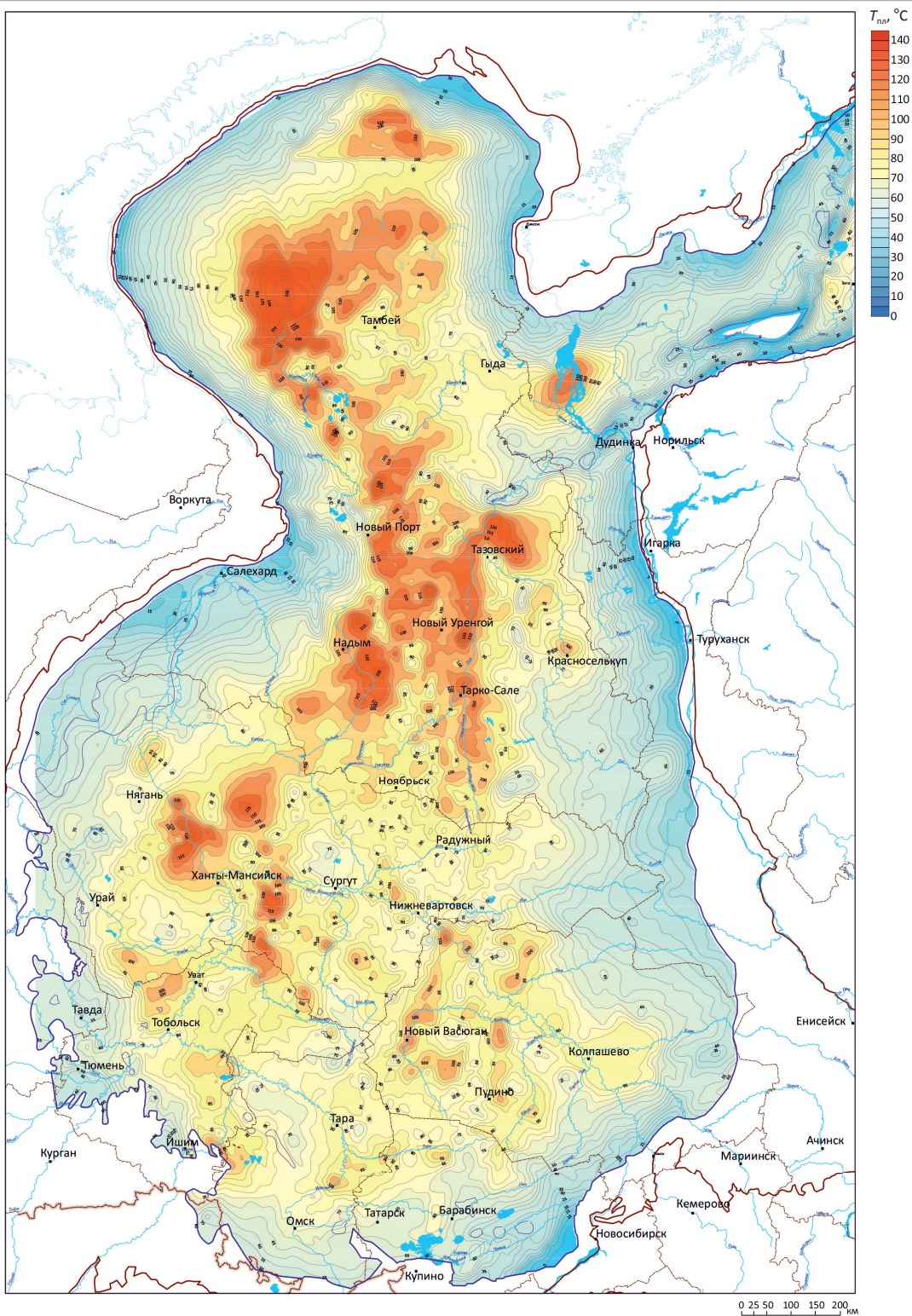


Рис. 3. Карта пластовых температур баженовского горизонта
Fig. 3. Map of the Bazhenov formation temperature



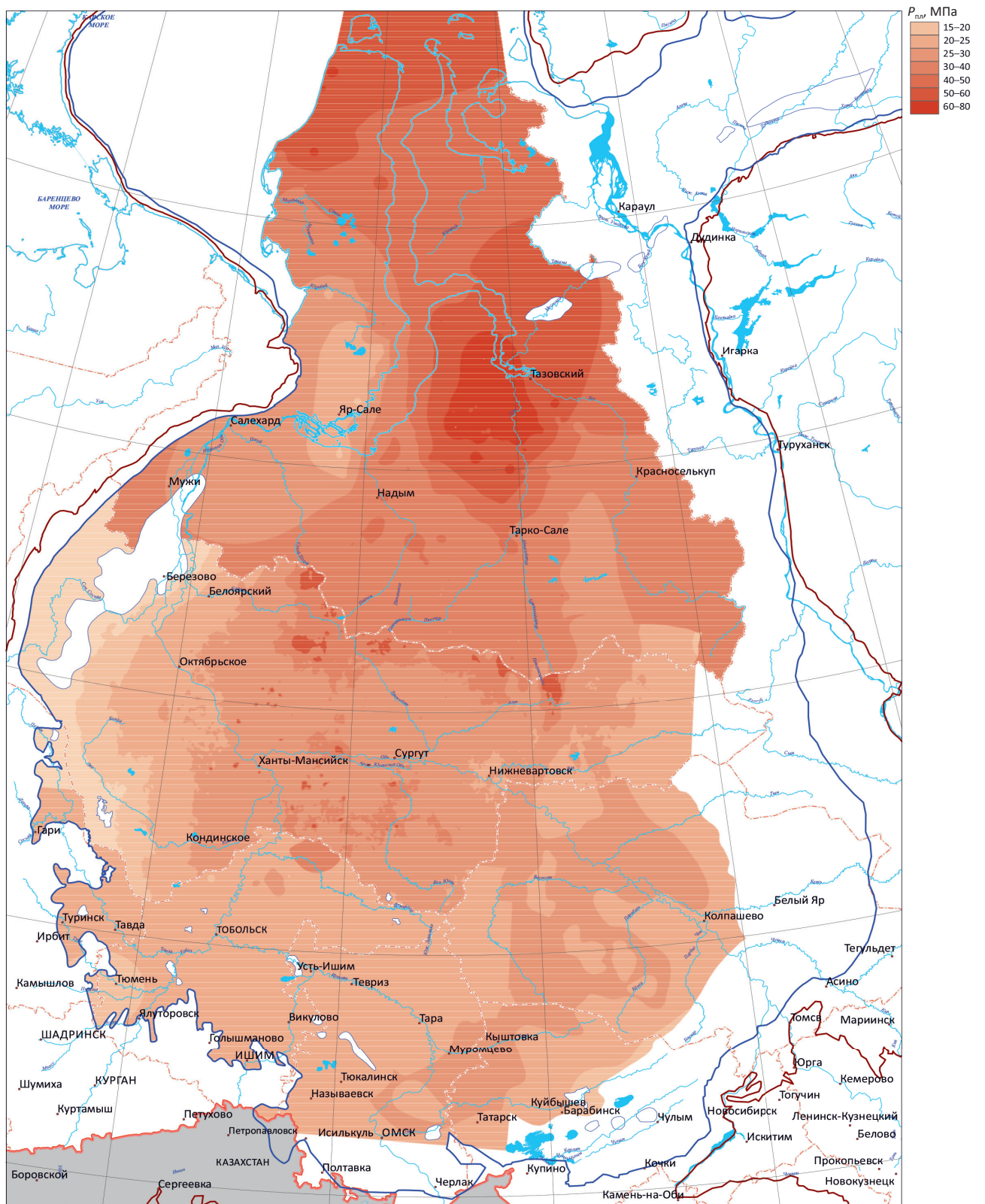
Усл. обозначения см. на рис. 2

For other legend items see Fig. 2



HC HARD-TO-RECOVER RESERVES AND UNCONVENTIONAL SOURCES

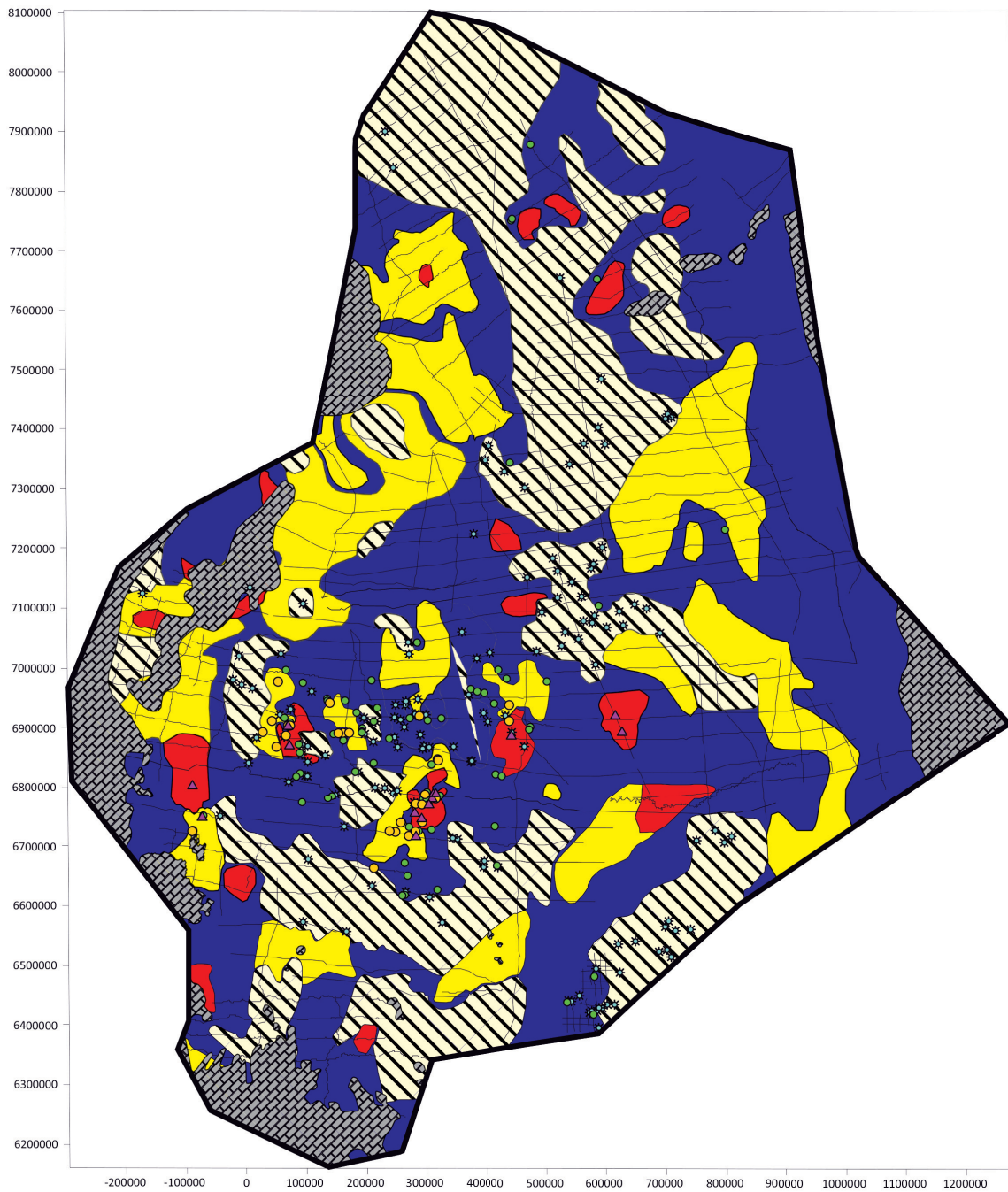
Рис. 4. Карта пластовых давлений баженовского горизонта
Fig. 4. Map of the Bazhenov formation pressure



Усл. обозначения см. на рис. 2

For other legend items see Fig. 2

Рис. 5. Карта типов геологического разреза нефтегазопродуктивных баженовских отложений Западной Сибири
Fig. 5. Scheme of geological column types of the Bazhenov pay zones occurrence in West Siberia



1 2 3 4 5 6 7 8 9

Типы разреза с дебитом, м³/сут, и вероятностью картирования (1–4): 1 – $Q \geq 100$, $P = 0,9$; 2 – $Q = 15–100$, $P = 0,6$; 3 – $Q = 1–15$, $P = 0,8$; 4 – $Q = 0$ (зона неопределенности), $P = 0,8$; 5 – зона отсутствия пород баженовской свиты; типы скважин (6–9): 6 – I, 7 – II, 8 – III, 9 – IV

Column types with flowrate (cu m per day) and probability of mapping (1–4): 1 – $Q \geq 100$, $P = 0,9$; 2 – $Q = 15–100$, $P = 0,6$; 3 – $Q = 1–15$, $P = 0,8$; 4 – $Q = 0$ (zone of uncertainty), $P = 0,8$; 5 – zone of the Bazhenov Fm absence; well types (6–9): 6 – I, 7 – II, 8 – III, 9 – IV

HC HARD-TO-RECOVER RESERVES AND UNCONVENTIONAL SOURCES

Аналогичные перспективные зоны закартированы на востоке, где им также соответствуют зоны развития аномальных пластовых температур и давлений.

В заключение следует отметить, что полученная карта типов геологического разреза баженовской свиты позволяет с большой долей достоверности лока-

лизовать перспективные зоны развития баженовских отложений, что в свою очередь скажется на степени точности оценки ресурсов, условий размещения детальных сейсморазведочных работ МОГТ, бурения разведочных и эксплуатационных скважин, геологической и экономической эффективности геологоразведочных работ на нефть и газ в этих отложениях.

Литература

1. Копилевич Е.А., Мушин И.А., Давыдова Е.А., Афанасьев М.Л. Комплексное спектрально-скоростное прогнозирование типов геологического разреза и фильтрационно-емкостных свойств коллекторов // ОАО «НК «Роснефть». Сер. Библиотека нефтяного инжиниринга. – Ижевск : АНО «Ижевский институт компьютерных исследований», 2010. – 248 с.
2. Копилевич Е.А., Сулова Н.Д., Скворцов М.Б., Кузнецов Г.В. Возможности прогноза продуктивных зон баженовской свиты по анализу спектрально-временных атрибутов // Геофизика. – 2016. – № 1. – С. 81–90.
3. Копилевич Е.А., Скворцов М.Б., Сулова Н.Д., Кузнецов Г.В. Новая методика регионального прогноза высокопродуктивных баженовских коллекторов Западной Сибири // Геология нефти и газа. – 2016. – № 4. – С. 56–61.
4. Давыдова Е.А., Копилевич Е.А., Фролов Б.К. Количественные спектрально-временные критерии определения типов геологического разреза // Геофизика. – 2002. – № 5. – С. 8–14.
5. Dorrington K., Link C. Genetic-algorithm/neural-network approach to seismic attribute selection for well-log prediction. *Geophysics*. 2004;69(1):212–221. DOI: 10.1190/1.1649389.
6. Dowd P., Pardo-Igúzquiza E. Estimating the boundary surface between geologic formations from 3D seismic data using neural networks and geostatistics. *Geophysics*. 2005;70(1):1–11. DOI: 10.1190/1.1852783.

References

1. Kopylevich E.A., Mushin I.A., Davydova E.A., Afanas'ev M.L. Integrated spectral and velocity prediction of geological column types and reservoir properties. ОАО "NK «Rosneft". Ser. Biblioteka neftyanogo inzhiniringa. Izhevsk: ANO «Izhevskii institut komp'yuternykh issledovaniy», 2010. 248 p.
2. Kopylevich E.A., Surova N.D., Skvortsov M.B., Kyznetsov G.V. The possibility of prediction the productive zones of the bazhenov reservoir by spectral-temporal quantitative seismic attributes analysis. *Russian geophysics*. 2016;(1):81–90.
3. Kopylevich E.A., Skvortsov M.B., Surova N.D., Kyznetsov G.V. New methods for regional forecast of highly productive Bazhenov reservoirs in Western Siberia. *Geologiya nefi i gaza*. 2016;(4):56–61.4. Unconventional oil and gas resources exploitation and development. In: Ahmed U., Meehan D.N., eds. Boca Raton: CRC Press; 2016.
5. Dorrington K., Link C. Genetic-algorithm/neural-network approach to seismic attribute selection for well-log prediction. *Geophysics*. 2004;69(1):212–221. DOI: 10.1190/1.1649389.
6. Dowd P., Pardo-Igúzquiza E. Estimating the boundary surface between geologic formations from 3D seismic data using neural networks and geostatistics. *Geophysics*. 2005;70(1):1–11. DOI: 10.1190/1.1852783.