

DOI: 10.17353/2070-5379/10_2023

УДК 550.83:553.98.04(571.121)

Смирнов О.А.ООО «ИНГЕОСЕРВИС», Тюмень, Россия, info@ingeos.info**Бородкин В.Н.**Западно-Сибирский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН; Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия, komgort@mail.ru**Лукашов А.В.**

ООО «ИНГЕОСЕРВИС», Тюмень, Россия

Плавник А.Г.

Западно-Сибирский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Тюмень, Россия

Трусов А.И.

ООО «Газпром недра», Тюмень, Россия

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ПРОГНОЗЕ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПАЛЕОЗОЙСКО-МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ НА БАЗЕ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На базе комплексного анализа различных геофизических исследований при оценке перспектив нефтегазоносности палеозойско-мезозойских отложений использовалась методика распознавания образов. В качестве эталонных объектов участвовали контуры 24 месторождений углеводородов, выявленных в интервале различных стратиграфических уровней. Выделение участков, схожих с эталонами, выполнялось по трем группам данных - результатам анализа потенциальных полей, структурному фактору и данным дистанционного зондирования Земли.

В результате составлены интегральные карты перспектив нефтегазоносности, на которые вынесены перспективные объекты, выявленные ранее по материалам сейсморазведки 2D, 3D.

Ключевые слова: *потенциальные поля, методика распознавания образов, эталонный объект, перспективный объект, интегральная карта перспектив нефтегазоносности, полуостров Ямал.*

Введение

Ранее авторами на базе сейсморазведочных работ 2D, 3D в разрезе палеозойских, триасовых, юрских и неокомских отложений [Сейсмогеологическая модель..., 2022], также в составе апт-альб-сеноманского комплекса [Смирнов, Бородкин, 2022] выделена серия перспективных объектов в пределах района исследований.

В представленной работе одной из задач, решаемых при оценке перспектив нефтегазоносности изучаемой территории, являлся комплексный анализ разнородных геофизических данных, полученных в процессе обработки и интерпретации материалов сейсморазведочных, грави-магниторазведочных и электроразведочных исследований, а также

геохимических съемок и дистанционного зондирования Земной коры [Иванкин, Назарова, 2001; Каштанов, 1988; Бородкин и др., 1998; Marple, 1987; «Прямые» методы..., 2022]. При решении данной задачи использовались два методических подхода, известные как безэталонная и эталонная классификации.

Безэталонная классификация подразумевает разделение множества изучаемых объектов на группы – кластеры, однородные внутри, но различающихся между собой. В данном случае, выполнялось разделение территории исследования на зоны, в которых наблюдается характерное поведение анализируемых геофизических геополей. Сопоставление результатов кластеризации с дополнительной геологической информацией позволяет найти содержательное объяснение и провести зонирование, направленное на решение поставленных вопросов.

Эталонная классификация предусматривает разделение изучаемых объектов по степени сходства с априорно заданными эталонами. Для решения данных задач применяются процедуры кластерного, факторного, дискриминантного анализов и различные методы распознавания образов.

Выделение площадей, перспективных на обнаружение залежей углеводородов (УВ), выполнялось по методике распознавания образов [Родионов и др., 1987]. В качестве эталонных объектов выступали контуры 24 известных месторождений УВ в различных стратиграфических подразделениях. Для нахождения участков, сходных с эталонами по отражению в геолого-геофизических полях, требовалось выявить особенности поведения геополей в границах эталонных объектов, с дальнейшим выделением аналогичных участков в пределах оцениваемой территории.

На первом этапе распознавания образов анализируются статистические характеристики распределений геофизических признаков в пределах эталонных объектов. Сравнение эталонного распределения с фоновым, определяемым по всей площади, позволяет оценить информативность заданного признака. Средневзвешенная мера сходства по всем анализируемым признакам с весами, отражающими их информативность, дает общую оценку сходства анализируемой площади с эталоном. Мера сходства подбирается таким образом, чтобы ее значения можно представить, как вероятностную оценку степени сходства сравниваемых объектов.

Следует отметить, что при применении данной методики целесообразно рассматривать не сами исходные геолого-геофизические поля, а их трансформанты, имеющие относительный характер – результаты фильтрации, градиенты, статистические характеристики и т.д. Это позволяет фиксировать «аномальность» целевых объектов вне зависимости от общего уровня фона.

Результаты районирования перспектив нефтегазоносности региона

Выделение участков, сходных по проявлению в геолого-геофизических полях с открытыми месторождениями в осадочном чехле, выполнялось по трем группам параметров – результатам анализа потенциальных полей, структурному фактору и данным дистанционного зондирования. Прежде чем переходить к результатам районирования рассматриваемой территории, необходимо остановиться на примере оценки перспектив нефтегазоносности такой сложнопостроенной области, как клиноформы неокома восточного падения Приуральской зоны Западной Сибири, где также использовались методики распознавания образов. Как известно [Геология и нефтегазоносность..., 2000; Бородкин, Курчиков, 2015], разрез клиноформ восточного падения представлен глинистыми разностями в связи с особенностями строения Урала (зона пенеплена), являющегося основным источником сноса терригенного материала при их формировании. В связи с этим, в большом количестве пробуренных в данной зоне глубоких скважин, данный интервал разреза не испытывался.

Получение в скв. 29 Восточно-Шебурской площади, расположенной западнее г. Ханты-Мансийск, промышленного фонтана нефти из клиноформной части разреза, связанной с кавернозным интервалом [Проблемы нефтегазоносности..., 2010], заставило авторов проанализировать геолого-геофизический материал в рассматриваемом районе. В частности, по результатам анализа гравиметрической съемки и промыслово-геофизических исследований (ГИС) установлено, что скв. 29 расположена в зоне с отрицательной аномалией Δg и, как ранее отмечалось, с глубокой каверной по ГИС. Изучение материалов гравиметрической съемки и в скважинах материалов ГИС в сопредельных с Восточно-Шебурской площадью территориях показал, что в зонах с отрицательными аномалиями Δg везде наблюдаются кавернозные интервалы клиноформной части разреза, и, напротив, в зонах положительных аномалий Δg каверн не установлено. В связи с этим, авторы пришли к заключению, что перспективы нефтегазоносности данной части разреза связаны с развитием трещиноватых коллекторов (зон разуплотнения).

Приняв данный образ совокупности геолого-геофизической информации, авторами рекомендованы интервалы испытания в серии ранее пробуренных скважин, где данная часть разреза остается без внимания недропользователей.

Результаты анализа потенциальных полей в пределах п-ова Ямал представлены на рис. 1.

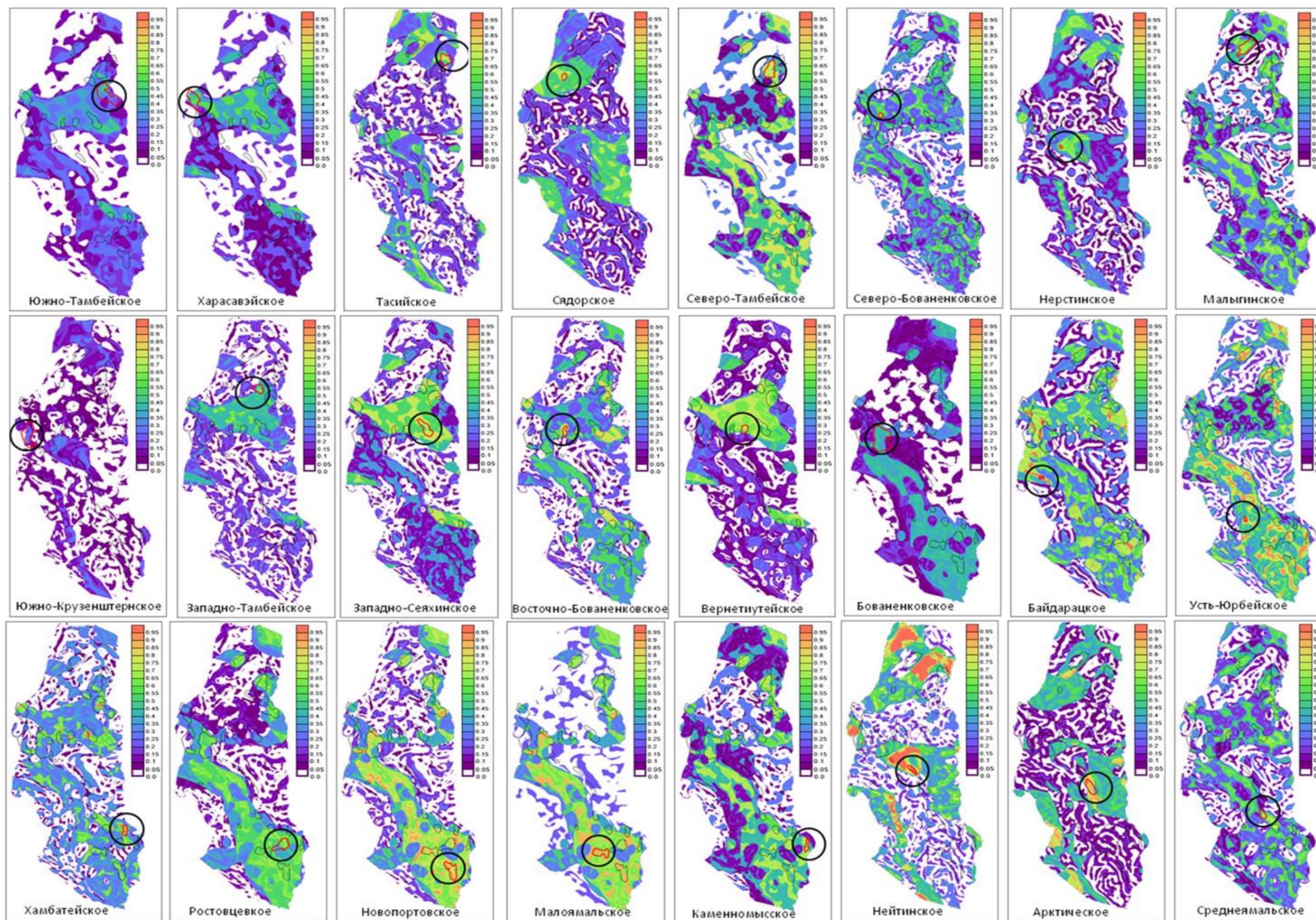


Рис. 1. Матрица карт меры сходства с месторождениями-эталоны по данным потенциальных полей

Помимо непосредственного выделения участков, сходных с тем или иным эталоном, представляющих определенный прогнозный интерес, данный вид анализа подтвердил зонирование исследованной территории, - по перспективности выявлены три зоны (рис. 2). Кроме того, установлена приуроченность бóльшей части эталонных месторождений к этим зонам (рис. 3).

При распознавании по структурному фактору анализировались среднечастотные локальные составляющие основных структурных поверхностей и карты мощностей. Карты сходства с месторождениями-эталоном представлены на рис. 4, 5. В целом, данный вид анализа подтверждает выявленную зональность.

Распознавание по данным дистанционной спутниковой съемки Landsat не позволило выделить зоны, перспективные с достаточной степенью вероятности (рис. 6).

В пределах исследованной территории в палеозойских образованиях открыты только два месторождения - Новопортовское и Ближнепортовское. Поиски аналогов этих объектов осложняются тем, что они пространственно связаны с месторождениями, локализованными в осадочном чехле. Однако их структурно-морфологические и литологические различия позволяют надеяться на положительные результаты прогноза нефтегазоносности. Наиболее информативными для прогноза в карбонатных породах доюрского комплекса представляются высокочастотные преобразования гравитационного и магнитного полей. Региональная неоднородность кристаллического фундамента и его блоковое строение усложняют процесс локального прогноза нефтегазоносности.

Поэтому, область прогноза ограничена южной частью территории, где открыты месторождения. На рис. 7 приведены два варианта прогноза - оптимистический и пессимистический.

Выполненное комплексирование с результатами сейсморазведки 2D/3D и других (дистанционных) методов позволило получить обоснованную региональную модель, которая характеризуется качественно новым уровнем достоверности.

Учитывая вышеописанную методику для зонирования территории по степени перспективности, наиболее информативными картами представляются: интегральная карта меры сходства с месторождениями-эталоном по структурному фактору, по данным потенциальных полей и вероятностный прогноз наличия скоплений УВ в палеозойских отложениях (рис. 8). На представленную схему также вынесены перспективные объекты, выделенные в составе нефтегазоносных комплексов на базе сейсморазведки 2D, 3D [Сейсмогеологическая модель..., 2022; Смирнов, Бородкин, 2022].

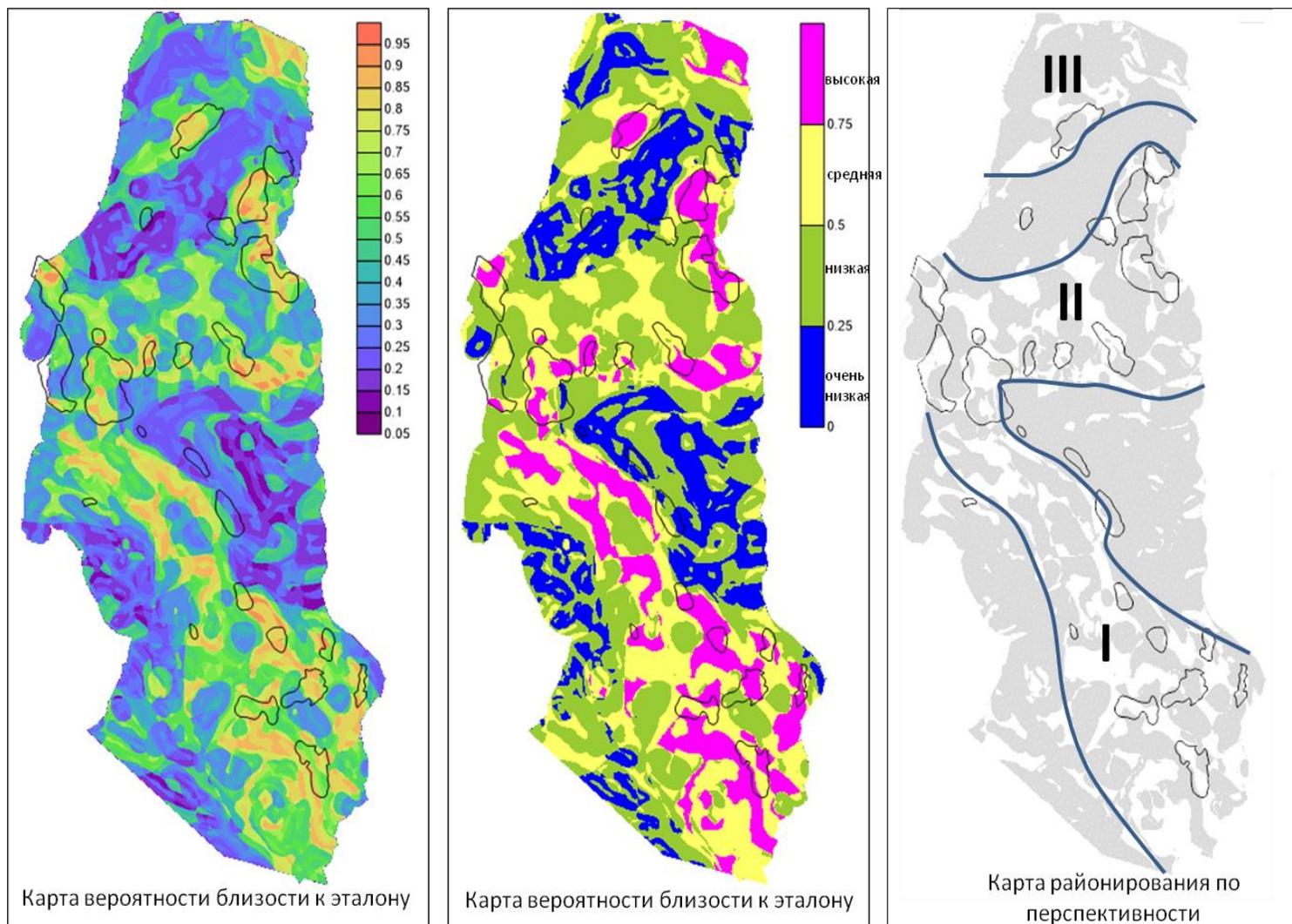


Рис. 2. Интегральная карта меры сходства с месторождениями-эталоном по данным потенциальных полей

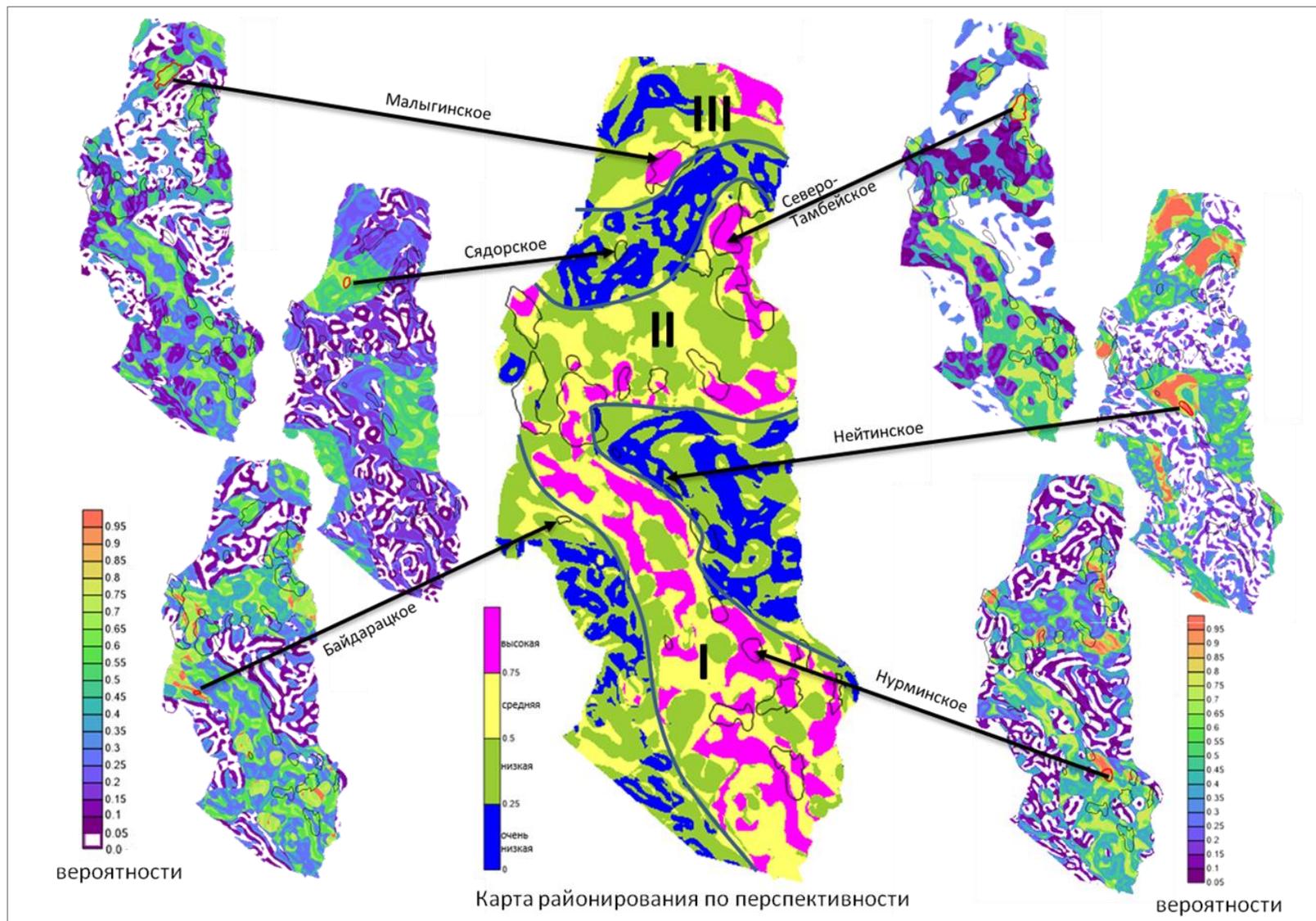


Рис. 3. Месторождения, характерные для выделенных перспективных зон, по данным потенциальных полей

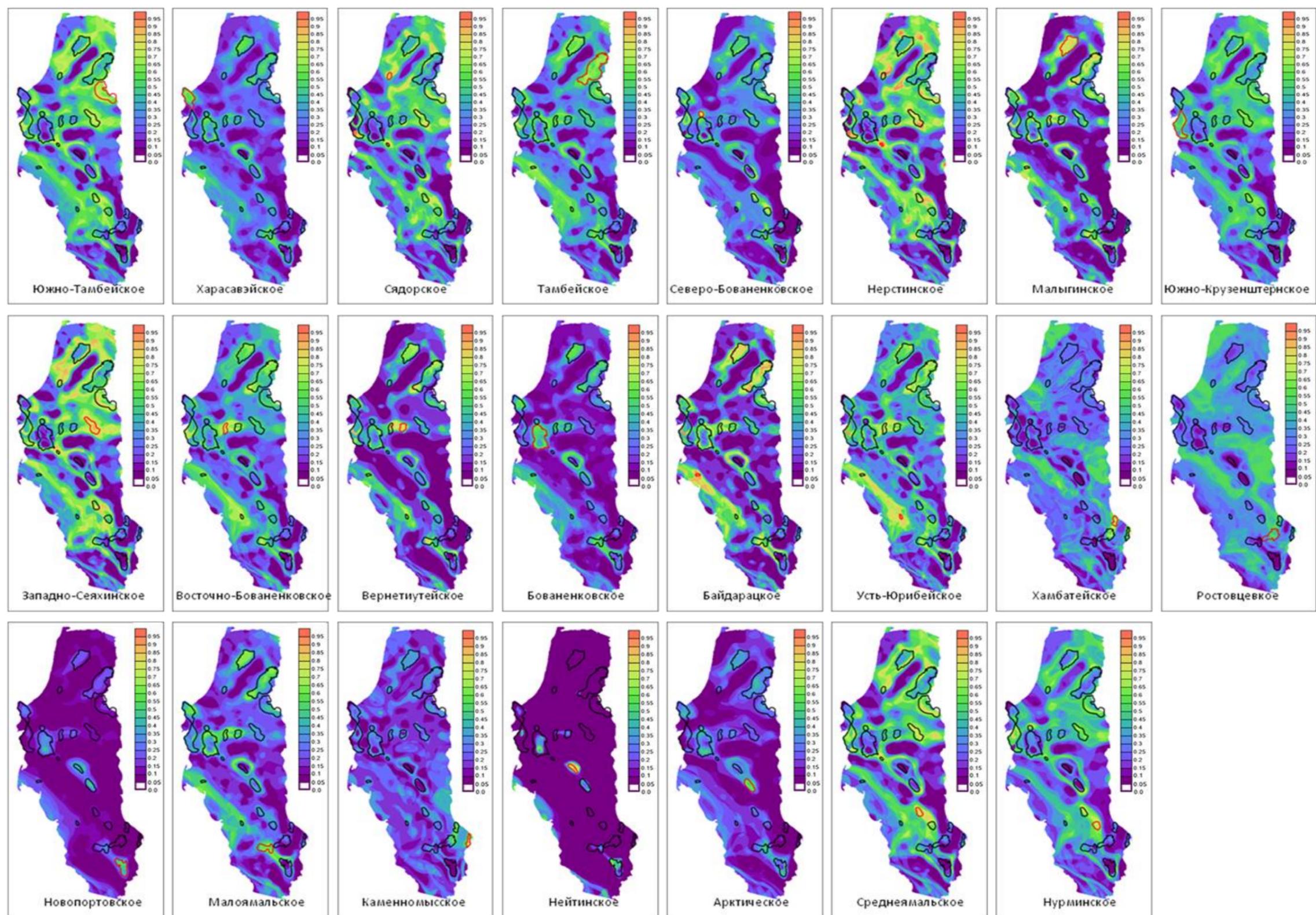


Рис. 4. Матрица карт меры сходства с месторождениями-эталоны по структурному фактору

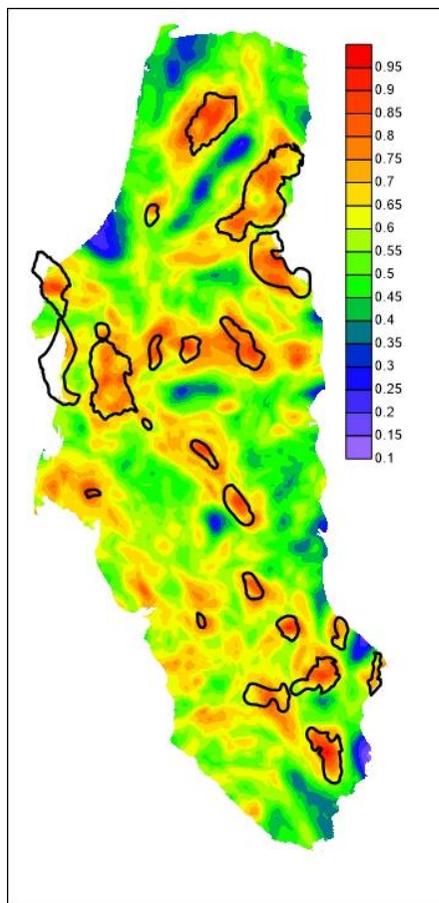


Рис. 5. Интегральная карта меры сходства с месторождениями-эталоном по структурному фактору

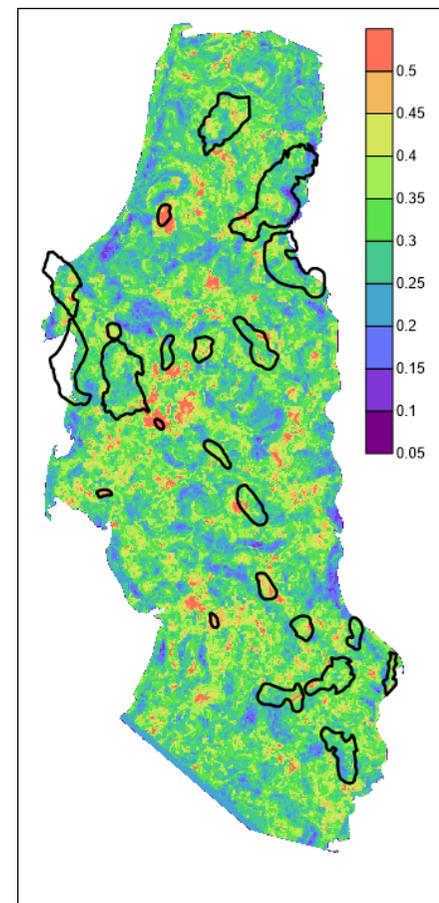


Рис. 6. Интегральная карта меры сходства с месторождениями-эталоном по данным дистанционного зондирования Земной коры

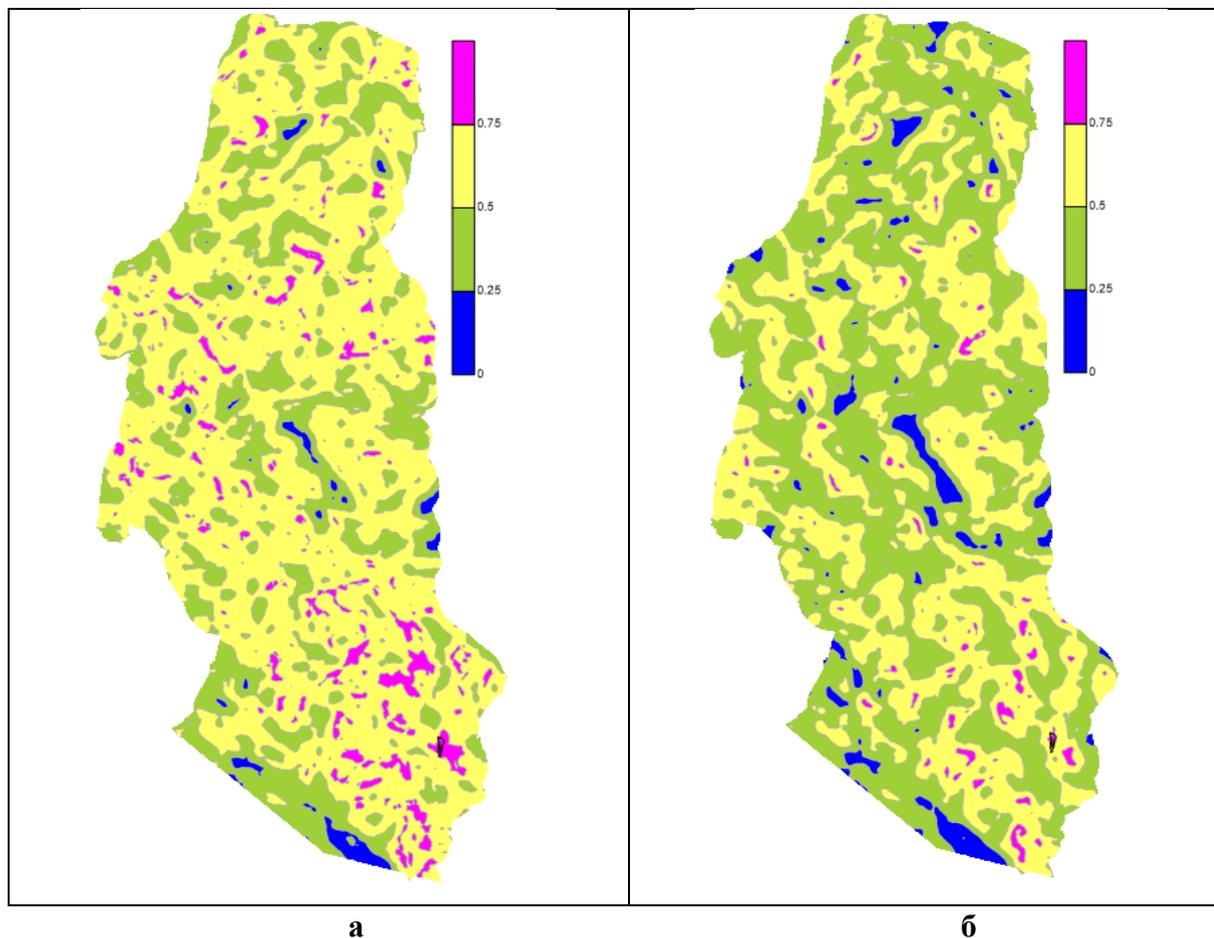


Рис. 7. Оптимистический (а) и пессимистический (б) варианты прогноза скоплений углеводородов в палеозойских отложениях

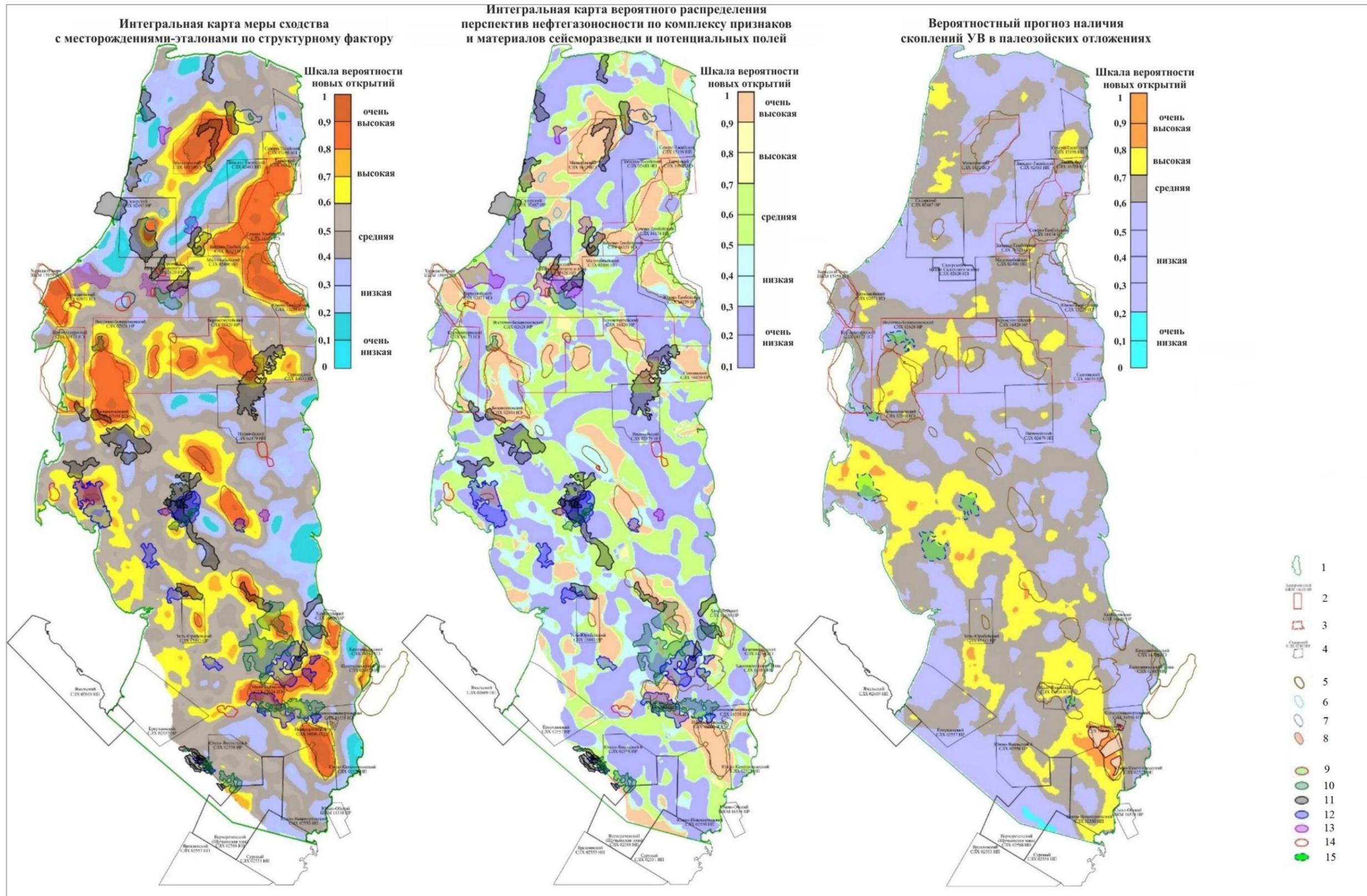


Рис. 8. Схемы прогноза и перспектив нефтегазоносности п-ова Ямал

1 - граница района работ; лицензионные участки: 2 - ПАО «Газпром» (название, номер лицензии), 3 - в стадии оформления, 4 - других недропользователей) (название, номер лицензии); 5 - контур месторождения УВ; 6 - подтвержденные ранее выявленные объекты; 7 - подтвержденные ранее подготовленные объекты; 8 - контур залежи палеозойских отложений; вновь выявленные объекты ООО «ИНГЕОСЕРВИС»: 9 - альб-сеноманских отложений, 10 - аптских отложений, 11 - неокомских отложений, 12 - юрских отложений, 13 - триасовых отложений, 14 - АЗС типа «яркое пятно», 15 - палеозойских отложений.

Анализируя интегральную карту меры сходства с месторождениями-эталоном по структурному фактору, можно отметить, что месторождения УВ приурочены к крупным локальным поднятиям и относятся к зонам высокой вероятности (см. рис. 8). Перспективные ловушки [Сейсмогеологическая модель..., 2022] осадочного чехла неструктурного типа приурочены к склонам локальных поднятий.

В западной части территории исследования обращает на себя внимание район Байдарацкого месторождения, где в зоне высокой вероятности открытий выделены перспективные объекты в юрских и меловых отложениях.

В южной части района работ наблюдается концентрация перспективных объектов, которые расположены в зонах от средней до очень высокой вероятности открытий, расположенных в непосредственной близости к Нурминскому и Ростовцевскому месторождениям.

Недоизученность сейсморазведкой 2D и 3D на юго-западе территории не позволяет в полной мере охарактеризовать данную часть участка исследований и выделить перспективные зоны.

Учитывая полученную сходимость результатов, можно рекомендовать интегральные меры сходства с месторождениями-эталоном (см рис. 8) для дальнейшего выявления перспективных объектов в палеозойско-мезозойских отложениях.

Литература

Бородкин В.Н., Курчиков А.Р. Характеристика геологического строения и нефтегазоносности ачимовского нефтегазосного комплекса Западной Сибири. - Новосибирск. Изд-во СО РАН, 2015. - 300 с.

Бородкин В.Н., Кожевников Ю.А., Шайханова Р.Г. Методика комплексного геофизического прогноза нефтегазоносности в баженовских, шеркалинских и ачимовских отложениях Западной Сибири // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО. - Ханты-Мансийск, 1998. - № 4. - С. 81-104.

Бородкин В.Н., Плавник А.Г., Смирнов О.А., Лукашов А.В., Комгорт М.В., Морев А.В. «Прямые» методы локального прогноза нефтегазоносности в разрезе акватории Баренцева моря // Геология, геофизика и разработки нефтяных и газовых месторождений. - 2022. - № 7. - С. 16-20.

Бородкин В.Н., Смирнов О.А., Лукашов А.В., Тепляков А.А. Сейсмогеологическая модель и перспективы нефтегазоносности палеозойско-мезозойских отложений севера Западной Сибири на базе сейсморазведки 2D, 3D // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2022. - Т. 17. - № 2. - http://www.ngtp.ru/rub/2022/18_2022.html DOI: <https://doi.org/10.17353/2070->

http://www.ngtp.ru/rub/2023/10_2023.html Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2023. - Т.18. - №1. - http://www.ngtp.ru/rub/2023/10_2023.html

[5379/18_2022](#)

Иванкин П.Ф., Назарова Н.И. Глубинная флюидизация земной коры и ее роль в петрорудогенезе, соле- и нефтеобразовании. - Москва: ЦНИГР, 2001. - 206 с.

Кашистанов В.А. Локальный нефтепрогноз по данным аэромагнитной съемки // Геология нефти и газа. - 1988. - № 12. - С. 7-12.

Курчиков А.Р., Бородкин В.Н., Шелихов Н.П., Забоев К.О. Проблемы нефтегазоносности клиноформных образований некома Приуральской зоны Западной Сибири // Геология, геофизика и разработки нефтяных и газовых месторождений. - 2010. - № 4. - С. 4-10.

Нежданов А.А., Пономарев В.А., Туренков Н.А., Горбунов Н.А. Геология и нефтегазоносность ачимовской толщи Западной Сибири. - Москва: Изд-во Академии горных наук, 2000. - 240 с.

Родионов А.А., Коган Р.И., Голубев В.А., Смирнов Б.И., Сиротинская С.В. Справочник по математическим методам в геологии. - М.: Недра, 1987. - 334 с.

Смирнов О.А., Бородкин В.Н. Оценка перспектив нефтегазоносности апт-альб-сеноманского комплекса полуострова Ямал севера Западной Сибири на базе сейсморазведки 2D // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2022. - Т. 17. - № 4. - http://www.ngtp.ru/rub/2022/47_2022.html DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/47_2022

Marple S.L.Jr. Digital Spectral Analysis with applications. IV.V: Prentice - Hall. Inc., Englewood Cliffs, 1987. - 123 p.

Smirnov O.A.INGEOSERVICE LLC, Tyumen, Russia, info@ingeos.info**Borodkin V.N.**West Siberian Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences; Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia, komgort@mail.ru**Lukashov A.V.**

INGEOSERVICE LLC, Tyumen, Russia

Plavnik A.G.

West Siberian Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia

Trusov A.I.

Gazprom Nedra LLC, Tyumen, Russia

METHODOLOGICAL APPROACH FOR LOCAL PREDICTION OF THE PETROLEUM BEARING PALEOZOIC-MESOZOIC STRATA OF THE YAMAL PENINSULA ON THE BASIS OF COMPLEX GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS

On the basis of a comprehensive analysis of various geophysical studies, when assessing the prospects for the petroleum bearing Paleozoic-Mesozoic strata, a pattern recognition technique was used. The contours of 24 hydrocarbon accumulations identified in the interval of different stratigraphic levels participated as reference objects. The selection of areas similar to the standards was carried out according to three groups of data - the results of the analysis of potential area, the structural factor and the data of remote sensing of the Earth.

As a result, integrated maps of oil and gas potential prospects were compiled, on which prospective objects identified earlier on the basis of 2D, 3D seismic data were placed.

Keywords: *potential area, pattern recognition technique, reference object, prospective object, integral map of oil and gas potential prospects, Yamal Peninsula.*

References

Borodkin V.N., Kurchikov A.R. *Kharakteristika geologicheskogo stroeniya i neftegazonosnosti achimovskogo neftegazonosnogo kompleksa Zapadnoy Sibiri* [Characteristics of the geological structure and petroleum bearing of the Achimov Formation of Western Siberia]. Novosibirsk. Izd-vo SO RAN, 2015, 300 p.

Borodkin V.N., Kozhevnikov Yu.A., Shaykhanova R.G. *Metodika kompleksnogo geofizicheskogo prognoza neftegazonosnosti v bazhenovskikh, sherkalinskikh i achimovskikh otlozheniyakh Zapadnoy Sibiri* [Methodology for the integrated geophysical forecast of petroleum bearing of the Bazhenov, Sherkalin and Achimov Formations of Western Siberia]. Puti realizatsii neftegazovogo potentsiala KhMAO. Khanty-Mansiysk, 1998, no. 4, pp. 81-104.

Borodkin V.N., Plavnik A.G., Smirnov O.A., Lukashov A.V., Komgort M.V., Morev A.V. *«Pryamye» metody lokal'nogo prognoza neftegazonosnosti v razreze akvatorii Barentseva morya* ["Direct" methods of local forecast of petroleum bearing section of the Barents Sea]. *Geologiya, geofizika i razrabotki neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, 2022, no. 7, pp. 16-20.

Borodkin V.N., Smirnov O.A., Lukashov A.V., Plavnik A.G., Tplyakov A.A. *Seysmogeologicheskaya model' i perspektivy neftegazonosnosti paleozoysko-mezozoyskikh otlozheniy severa Zapadnoy Sibiri na baze seysmorazvedki 2D, 3D* [Seismogeological model and petroleum prospects of the Paleozoic-Mesozoic strata belonging to the north of Western Siberia on the basis of 2D, 3D seismic exploration]. *Neftgazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2022, vol. 17, no. 2, available at: http://www.ngtp.ru/rub/2022/18_2022.html DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/18_2022

Ivankin P.F., Nazarova N.I. *Glubinnaya flyuidizatsiya zemnoy kory i ee rol' v petrordogeneze, sole- i nefteobrazovanii* [Deep fluidization of the earth's crust and its role in ore-forming, salt and oil

formation]. Moscow, TsNIGR, 2001, 206 p.

Kashtanov V.A. *Lokal'nyy nefteprognoz po dannym aeromagnetnoy s'emki* [Local oil forecast based on aeromagnetic survey data]. *Geologiya nefi i gaza*, 1988, no. 12, pp. 7-12.

Kurchikov A.R., Borodkin V.N., Shelikhov N.P., Zabojev K.O. *Problemy neftegazonosnosti klinoformnykh obrazovaniy nekoma Priural'skoy zony Zapadnoy Sibiri* [Problems of petroleum potential of Neocomian clinofolds in the Ural zone of Western Siberia]. *Geologiya, geofizika i razrabotki neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, 2010, no. 4, pp. 4-10.

Marple S.L.Jr. *Digital Spectral Analysis with applications*. IV.V: Prentice - Hall. Inc., Englewood Cliffs, 1987, 123 p.

Nezhdanov A.A., Ponomarev V.A., Turenkov N.A., Gorbunov N.A. *Geologiya i neftegazonosnost' achimovskoy tolshchi Zapadnoy Sibiri* [Geology and petroleum bearing of the Achimov strata of Western Siberia]. Moscow: Izd-vo Akademii gornykh nauk, 2000, 240 p.

Rodionov A.A., Kogan R.I., Golubev V.A., Smirnov B.I., Sirotinskaya S.V. *Spravochnik po matematicheskim metodam v geologii* [Handbook of mathematical methods in geology]. Moscow: Nedra, 1987, 334 p.

Smirnov O.A., Borodkin V.N. *Otsenka perspektiv neftegazonosnosti apt-al'b-senomanskogo kompleksa poluostrova Yamal severa Zapadnoy Sibiri na baze seysmorazvedki 2D* [Assessment of prospects for petroleum bearing Aptian-Albian-Cenomanian strata of the Yamal peninsula - north of Western Siberia, on the basis of 2D seismic survey]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2022, vol. 17, no. 4, available at: http://www.ngtp.ru/rub/2022/47_2022.html
DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/47_2022

© Смирнов О.А., Бородкин В.Н., Лукашов А.В., Плавник А.Г., Трусов А.И., 2023

