



УДК 553.98.061.3/7

ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ ИНВЕРСИОННЫХ КОЛЬЦЕВЫХ СТРУКТУР В ПРЕДЕЛАХ АРКТИЧЕСКИХ РАЙОНОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ КАК КРИТЕРИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

В.Н.Бородкин, А.Р.Курчиков (Западно-Сибирский филиал «Института геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН»), **А.С.Недосекин, А.В.Лукашов, О.А.Смирнов** (ООО «ИНГЕОСЕРВИС»)

На основании анализа различных признаков, включая геофлюидодинамическую модель формирования залежей УВ, представлена геологическая интерпретация инверсионных кольцевых структур, которые рассматриваются как положительный критерий нефтегазоносности.

Ключевые слова: Большехетская впадина; акватории Карского моря; инверсионные кольцевые структуры; аномально высокое пластовое давление; гравитационные, магнитные и скоростные аномалии.

Различные аспекты локального прогноза нефтегазоносности рассматривались ранее в работе [5], где, наряду с другими критериями, инверсионные кольцевые структуры представлялись также в качестве одного из показателей оценки перспектив нефтегазоносности локальных объектов.

Наибольшее число инверсионных кольцевых структур установлено в Большехетской впадине (Янгусская, Северо-Хальмерпаютинская, Хальмерпаютинская, Пякхинская, Находкинская и т.д.), Усть-Енисейском районе (Пеляткинская, Нанедеянская, Кубанская и т.д.), а также в акваториальной части Карского моря (Русановская, Петровская и т.д.) (рис. 1), авторы статьи ранее проводили исследования [7, 8]. Инверсионные кольцевые структуры представляют собой локальные кольцевые поднятия по горизонтам неокома, превращающиеся во впадины по юрским горизонтам.

Существует несколько точек зрения, которые связывают это с процессами глубинной дегазации Земли, большим этажом нефтегазоносности, наличием зон деструкции, аномальных пластовых давлений (АВПД), лавинных процессов седиментации на рубеже юры и раннего неокома и т.д. ([1, 2, 3, 9, 10] и др.). Вместе с тем все они остаются на уровне гипотез, поскольку интересующий нас интервал разреза (клиноформный неоком, юрские отложения) до последнего времени не вскрыт скважинами ни в акваториальной части Карского моря, ни в Большехетской впадине. Ближайшая к Большехетской впадине инверсионная кольцевая структура, изученная бурением, — это Ямбургское поднятие (рис. 2).

Для него характерны аномальные толщины ачимовской толщи (более 200 м), в составе которой выявлено 6 залежей УВ с АВПД, установлены залежи в пластах группы ПК (сеноман), БУ (неоком) и тюменской свите ($Ю_{2-4}$), т.е. большой этаж нефтегазоносности. При этом АВПД установлены только в нижней, вскрытой бурением части разреза (средняя юра, клиноформный неоком), характеризующейся изолированностью резервуаров, что является одним из критериев формирования АВПД [4].

Независимо от представлений на природу инверсионных кольцевых структур подобные геологические объекты на данном этапе изученности могут рассматриваться как дополнительный критерий перспективности исследуемой территории.

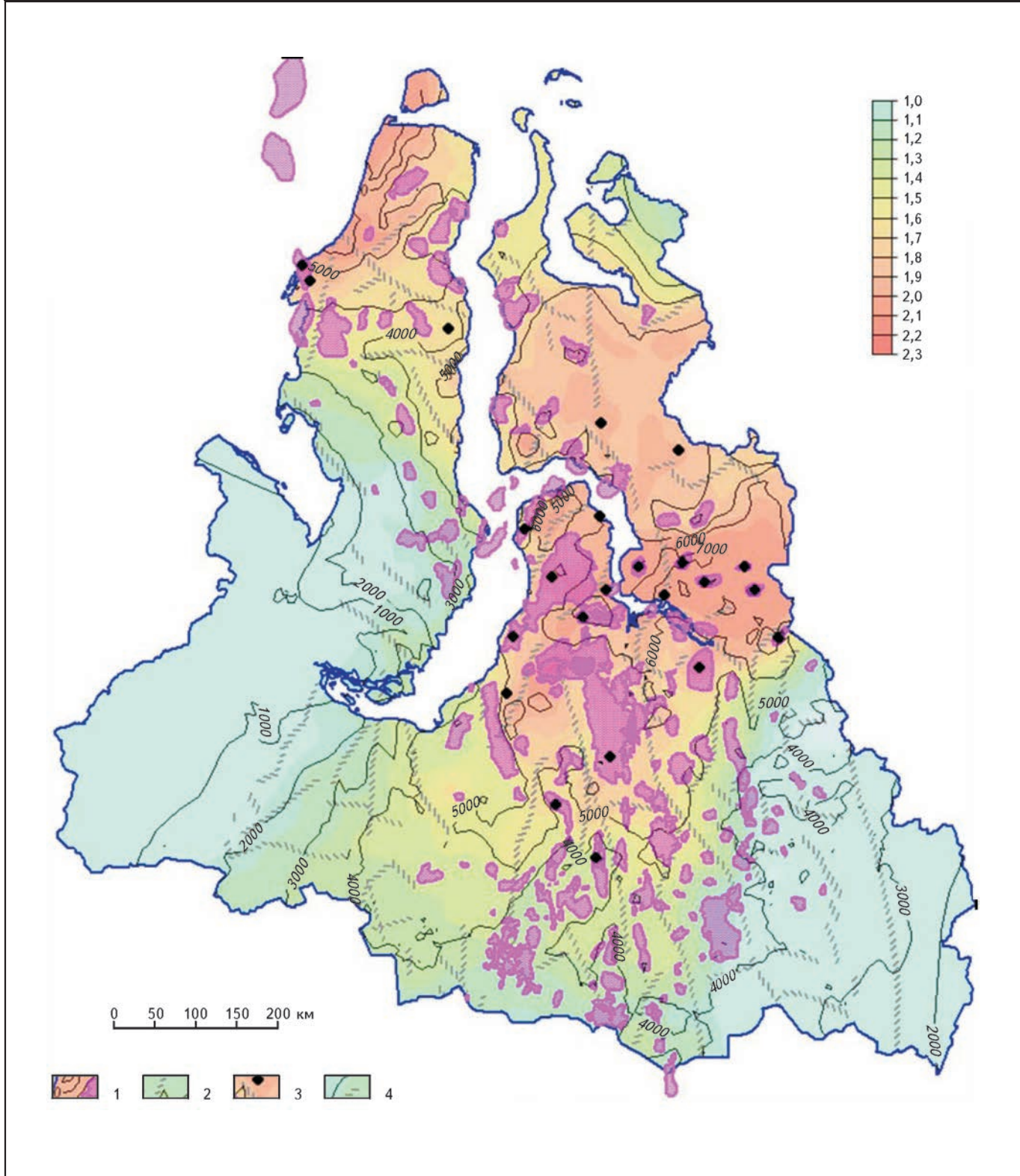
Характеристика геологической природы инверсионных кольцевых структур

В пределах Большехетской впадины до последнего времени не было пробурено ни одной глубокой скважины, вскрывшей юрские отложения.

В данной зоне (восточной части) по результатам сейсморазведки отражающий горизонт Б не следует, а аналогом его считается сейсмический горизонт $БЯ_{40}$, картируемый выше сиговской свиты. Над горизонтом $БЯ_{40}$ выделяется серия сигмовидных отражений, имеющих клиноформное строение (рис. 3) ([6, 14] и др.).

Из-за отсутствия скважинной информации и в связи с тем, что эти отражения в разрезе залегают выше

Рис. 1. РЕГИОНАЛЬНАЯ КАРТА КОЭФФИЦИЕНТА АНОМАЛЬНОСТИ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ (пласты Ю₂-Ю₃) С НАЛОЖЕННЫМИ ИЗОГИПСАМИ КРОВЛИ ОТРАЖАЮЩЕГО ГОРИЗОНТА А



1 – инверсионные кольцевые структуры с системой рифтов и границами известных месторождений УВ северных и арктических районов Западной Сибири (Загоровский Ю.А., 2013); 2 – границы выявленных месторождений в разрезе мезозоя; 3 – рифты; 4 – изогипсы отражающего горизонта А, м

горизонта БЯ₄₀, многие исследователи относили их к клиноформам ачимовской толщи. При выборе местоположения первой глубокой скважины в пределах Большехетской впадины (скв. Хальмерпаютинская-2099) учитывалась возможность развития в песчано-алевритовых фациях ачимовской толщи, продуктивной в расположенной южнее Восточно-Уренгойской зоне, на Ямбургском и Оликуминском поднятиях, а также наличие инверсионных кольцевых структур.

Бурение в данной зоне глубоких скважин Туколандо-Вадинская-320, Пякяхинская-2011 и Хальмерпаютинская-2099 показали (возрастное определение макро-, микрофауны), что выделенные методом «Реапак РД» клиноформы (рис. 4) связаны с яновстанской свитой позднекемеридж-раннеберриасского возраста и приурочены к глинистому разрезу [6].

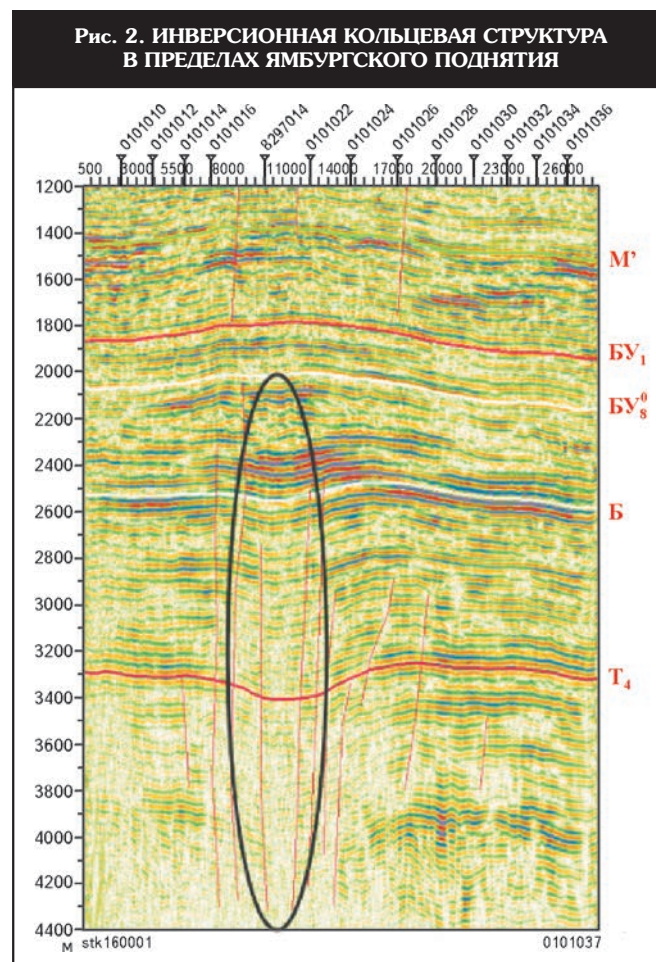
Полевое описание каменного материала в скв. Хальмерпаютинская-2099 проведено во всех интервалах, характеризующих самые нижние горизонты меловых и большую часть верхнеюрских осадочных образований (интервал глубин 3643-4227 м).

Литологические особенности, фаунистические находки [6] однозначно доказывают позднеюрский возраст клиноформного разреза. Характерно усиление темной окраски пород от берриасской части яновстанской свиты вниз по разрезу.

Практически по всему разрезу верхнеюрских осадочных образований (включая аргиллиты) отмечаются признаки УВ, запах в свежем сколе и нефтенасыщенные мелкие линзочки песчано-алевритового материала. Включения и рассеянный пирит встречаются на протяжении всего интервала отбора каменного материала, характерна трещиноватость пород.

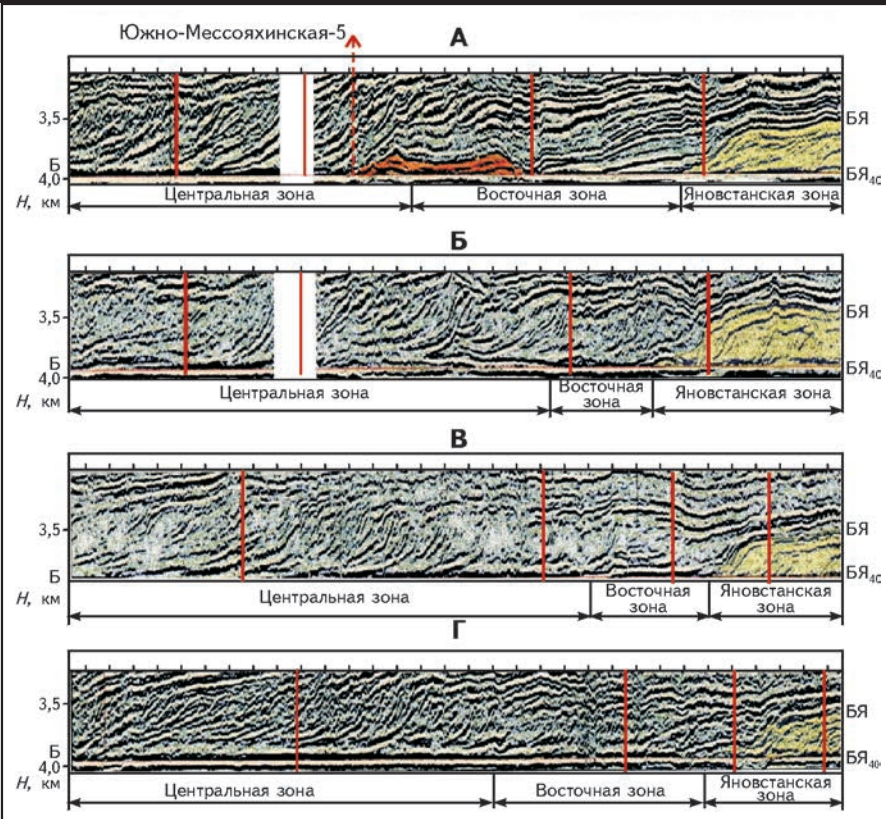
Исходя из схемы корреляции скважин Хальмерпаютинская-2099, Туколандо-Вадинская-320 и Русско-Реченская-720 [6], наблюдаемые при забое 4302 м в скв. Хальмерпаютинская-2099 интенсивные газопроявления (коэффициент аномальности — 2) связаны с кровлей малышевской свиты.

Для прогнозных оценок нескрытого разреза юры на рис. 5 представлена характеристика инверсионных кольцевых структур Большехетской впадины в гравитационных аномалиях, из которой видна их хорошая подтверждаемость в отрицательных аномалиях Δg . В магнитном поле инверсионные кольцевые структуры не отображаются, хотя, по данным В.А.Каштанова [15], месторождения США напрямую связаны с магнитными аномалиями. Они обусловлены наличием в перекрывающих толщах вторичного магнетита, который формируется в результате восстановительных химических реакций в присутствии УВ-газов. Для территории Западной Сибири также характерно повышение намагниченности пород над залежами нефти и газа, что обусловлено развитием в преобразованных зонах магнетита,



титаномагнетита и сидерита [15]. Если исходить преимущественно с позиции геодинамических процессов формирования залежей УВ, это объясняется наличием в зонах флюидомиграции частой смены окислительно-восстановительных обстановок вследствие массовой проницаемости УВ через осадочные толщи. Присутствие в субвертикальных зонах, кроме магнитных минералов, немагнитного пирита можно объяснить химическими реакциями соединения серы и железа в результате проникновения УВ [17]. Сера в сульфидных минералах образовывалась из двух источников: из нефти и в результате деятельности сульфатредуцирующих бактерий. В зонах вертикальной миграции УВ могут появляться минералы с магнитными свойствами, обусловленными как химическим, так и биологическим путем. К ним относятся различные оксиды железа и сернистого железа, например грейцит и диагенетический магнетит (Fe_3O_4), которые обычно рассматриваются как источники магнитных аномалий над нефтяными месторождениями. Даже минералы немагнитного пирита могут сильно влиять на намагниченность пород. Например, процесс пиритизации при замещении обломочных магнитных оксидов железа может существенно уменьшать намагниченность.

Рис. 3. КЛИНОФОРМНАЯ СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГРАНИЦЫ ЯНОВСТАНСКОЙ СВИТЫ И АЧИМОВСКОЙ ТОЛЩИ БОЛЬШЕХЕТСКОЙ ВПАДИНЫ



Скв. Южно-Мессояхинская-5; профили: А – 33, Б – 32, В – 31, Г – 30

Как отмечалось, в скв. Хальмерпаютинская-2099 как в керне, так и шламе отмечалось большое содержание пирита. Сульфиды с магнитными свойствами являются продуктом восстановления сульфата бактериями, которые по-

лучают свою энергию из ОВ [11]. Конкретная геохимическая обстановка над месторождениями УВ зависит от соотношения скорости подтока УВ и интенсивности их окисления. Сами нефти являются диамагнетиками, однако в пластовых условиях иногда приобретают парамагнитные свойства [13]. Это обусловлено приуроченностью железа и его оксидов к органическим компонентам флюидной системы, а также изменяющейся концентрацией этих соединений в зонах флюидомиграции [12]. Часто субвертикальная трещиноватость, зоны флюидомиграции фиксируются повышением намагниченности и представляют ареалы внедрения (зоны АВПД). В то же время уместно отметить наличие данных [16] о существовании в нефтегазоносных районах вертикальных колонн размагничивания пород над нефтяными залежами (вследствие восстановления окислительных форм железа). Именно данная ситуация, по-видимому, наблюдается над инверсионными кольцевыми структурами в Большехетской впадине.

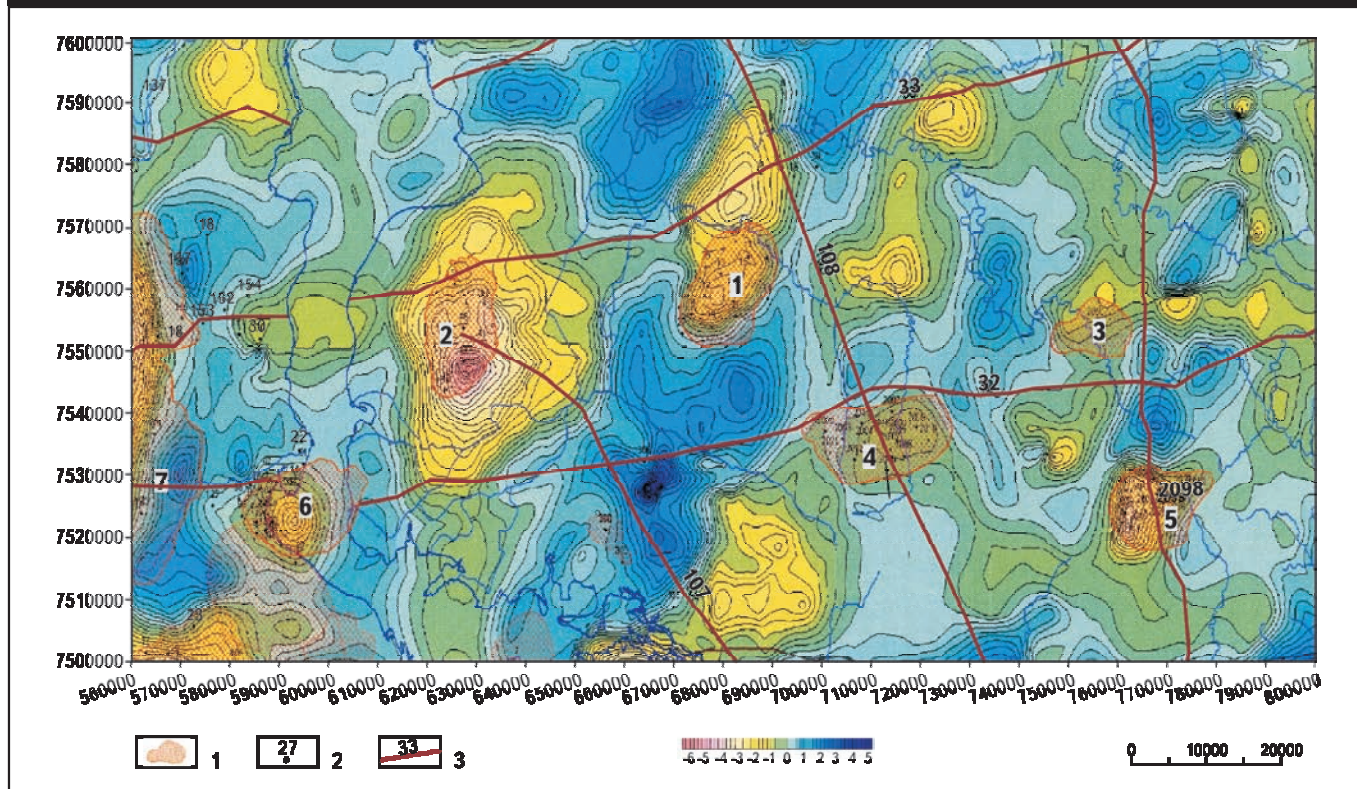
Судя по характеру сейсмической записи в зоне инверсионных кольцевых структур, отрицательным аномалиям Δg (рис. 5), значительной трещиноватости пород в скв. Хальмерпаютинская-2099, наличию АВПД и т.д.,

Рис. 4. СЕЙСМИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ПО РЕГИОНАЛЬНОМУ ПРОФИЛЮ XXXII



Границы с коэффициентом отражения: 1 – с положительным знаком, 2 – с отрицательным знаком; 3 – песчаные пласты и их индексы; S4-S18 – условные индексы границ ЭКО

Рис. 5. КАРТА ЛОКАЛЬНЫХ АНОМАЛИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ В ПРЕДЕЛАХ БОЛЬШЕХЕТСКОЙ ВПАДИНЫ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ



1 – контуры месторождений: 1 – Южно-Мессояхского, 2 – Находкинского, 3 – Северо-Хальмерпаютинского, 4 – Пякяхинского, 5 – Хальмерпаютинского, 6 – Юрхаровского, 7 – Ямбургского; 2 – скважины; 3 – региональные сейсмопрофили

они, по-видимому, связаны с зонами деструкции, и, исходя из теории глубинной дегазации Земли, по Б.М.Валяеву и П.Н.Кропоткину – это «трубы» глубинной дегазации [9], по Р.М.Бембелю и соавторам – геосолитоны [3] и т.д.

При наличии в этих зонах ловушек в ачимовской толще они должны заполняться УВ с формированием залежей с АВПД. Надачимовские глины являются региональным флюидоупором, поэтому в вышележащих пластах группы Б АВПД, как правило, отсутствуют.

В пределах акваториальной части Карского моря (Южно-Карская синеклиза [7, 8]) также установлена серия инверсионных кольцевых структур на Русановском (рис. 6), Петровском (рис. 7) и других поднятиях.

Е.Н.Фирстаев и др. (2015) называют их «ложными» инверсионными структурами и связывают с неоднородностью пластового давления и его влияния на скоростные характеристики локальных

сейсмических волн. При выявлении локальных скоростных аномалий эти авторы использовали карты временных толщин, которые снимаются путем построения низкочастотного тренда. Выделяются как положительные

Рис. 6. ИНВЕРСИОННАЯ КОЛЬЦЕВАЯ СТРУКТУРА В ПРЕДЕЛАХ РУСАНОВСКОГО ПОДНЯТИЯ АКВАТОРИИ КАРСКОГО МОРЯ

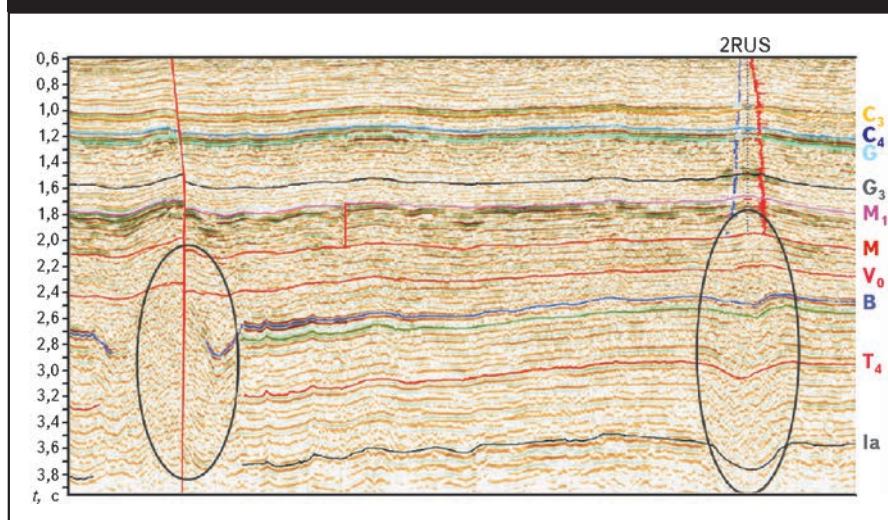


Рис. 7. ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЛНОВОЙ КАРТИНЫ В ПРЕДЕЛАХ ПЕТРОВСКОГО ПОДНЯТИЯ АКВАТОРИИ КАРСКОГО МОРЯ

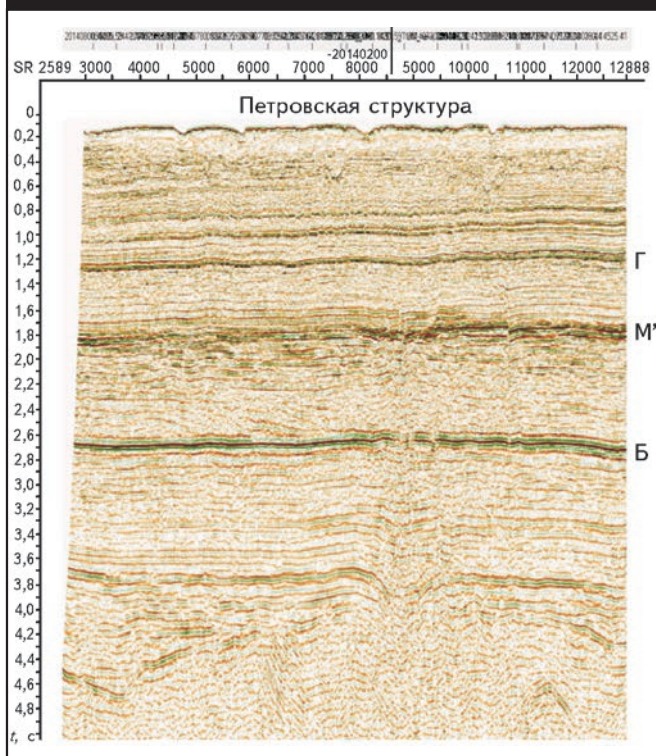
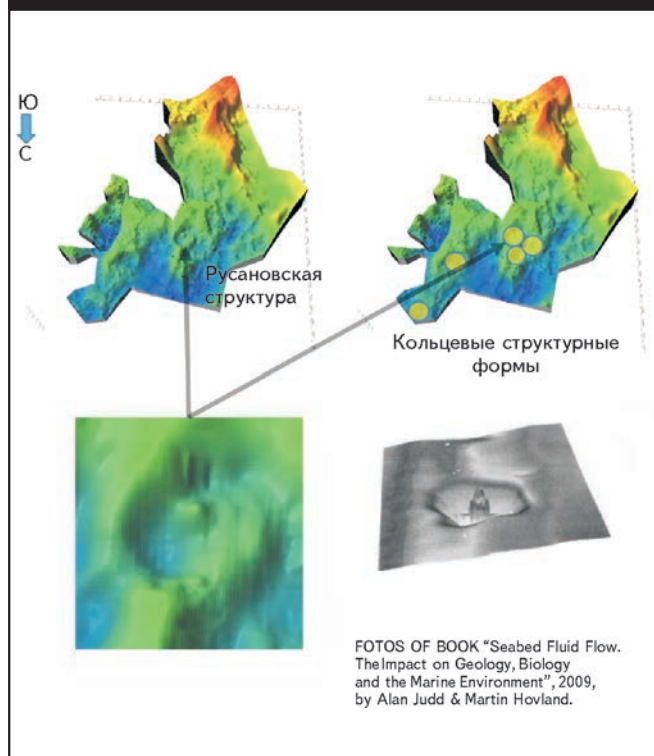


Рис. 9. ВЫДЕЛЕНИЕ КОЛЬЦЕОБРАЗНЫХ ФОРМ НА СТРУКТУРНОЙ КАРТЕ ПО ОТРАЖАЮЩЕМУ ГОРИЗОНТУ Г

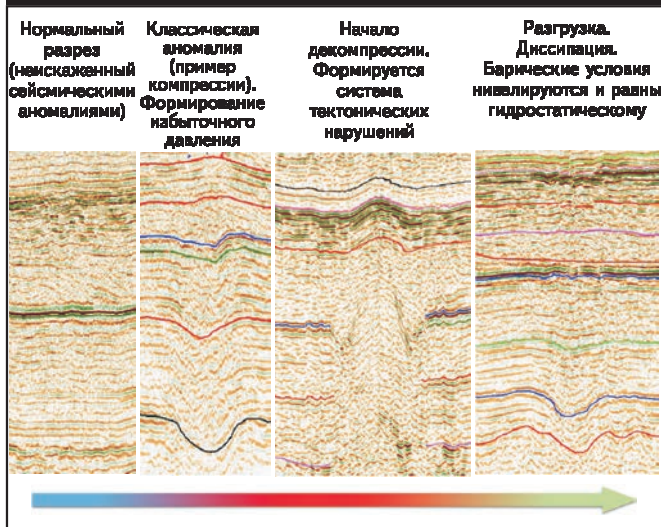


приращения — классические, так и отрицательные. Примером отрицательного приращения служит Петровская структура.

Для объяснения такого многообразия проявления на временных разрезах скоростных аномалий на рис. 8

представлен эволюционный ряд формирования аномалий от зарождения до разгрузки: компрессия — декомпрессия — диссипация. Кольцеобразные формы хорошо выделяются на аксонометрии структурной карты по отражающему горизонту Г (рис. 9).

Рис. 8. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ СХЕМА ЭВОЛЮЦИИ ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ ОТ ФОРМИРОВАНИЯ ДО РАЗГРУЗКИ



Выводы

Таким образом, несмотря на многообразие представлений на геологическую природу инверсионных кольцевых структур, их наличие, на взгляд авторов статьи, с одной стороны, следует рассматривать как показатель прогноза зон АВПД (см. рис. 1), что очень важно при бурении скважин, особенно в акваториальной части Карского моря. С другой стороны, в зонах их развития, как правило, выявлен значительный этаж нефтегазоносности, что является положительным критерием нефтегазоносности.

Литература

1. Адиев Я.Р. Кольцевые структуры — «газовые трубы» севера Западной Сибири / Я.Р.Адиев, Р.М.Гатаулин // Геофизика. — 2003. — Специальный выпуск «Башгеофизика».
2. Баланюк И.Е. О связи нефтегазоносности с вулканическими поясами островодужного типа / И.Е.Баланюк, О.Г.Сорохтин // Республ. межведомств. сб. науч. Трудов АН

УССР. Институт геологии и геохимии горючих ископаемых. Вып. 60. — Львов: Наука думка, 1983.

3. **Бембель Р.М.** Геосолитоны и дегазация Земли / Р.М.Бембель, В.М.Мегеря, С.Р.Бембель // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ: Материалы междунар. конф. — М.: ГЕОС, 2002.

4. **Бородкин В.Н.** Аномальные пластовые давления в залежах различных типов мезозоя Западной Сибири / В.Н.Бородкин, А.А.Нежданов // Тр. ЗапСибНИГНИ. Вып. 144. — 1979.

5. **Бородкин В.Н.** Методологические аспекты локального прогноза нефтегазоносности / В.Н.Бородкин // Горные ведомости. — 2006. — № 1.

6. **Бородкин В.Н.** К вопросу уточнения западной и восточной границ ачимовского клиноформного комплекса Западной Сибири / В.Н.Бородкин, А.Р.Курчиков // Геология и геофизика. — 2015. — Т. 56. — № 9.

7. **Бородкин В.Н.** Уточнение границ сейсмофациальных комплексов неокома в акватории Карского моря / В.Н.Бородкин, А.Р.Курчиков, А.С.Недосекин и др. // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. — 2015. — № 11.

8. **Бородкин В.Н.** Оценка перспектив нефтегазоносности акватории Карского моря по данным площадных сейсмо-разведочных работ 2D / В.Н.Бородкин, А.Р.Курчиков, А.С.Недосекин и др. // Геомодель-2016: 18-я конференция по вопросам геологоразведки и разработки месторождений нефти и газа (EAGE), г. Геленджик, 12-15 сентября 2016 г.: Тез. докл. — 2016.

9. **Валяев Б.М.** Зональность нефтегазонакопления и глубокой углеводородной дегазации в осадочных бассейнах (в связи с их геодинамической эволюцией) / Б.М.Валяев, П.Н.Кропоткин // Геодинамическая эволюция осадочных бассейнов: Тез. докл. Междунар. симпозиума. — М., 1992.

10. **Гришгорн Л.Ш.** Дисгармоничные поднятия в осадочном чехле севера Западно-Сибирской плиты / Л.Ш.Гришгорн // Сов. геология. — 1987. — № 4.

11. **Гурари Ф.Г.** Доманикиты и их нефтегазоносность / Ф.Г.Гурари // Сов. геология. — 1981. — № 11.

12. **Иванкин П.Ф.** О взаимосвязи углерода и воды в петрогенезисе / П.Ф.Иванкин, И.П.Иникин // Сов. геология. — 1977. — № 1.

13. **Иванкин П.Ф.** Глубинная флюидизация земной коры и ее роль в петрорудогенезе, соли- и нефтеобразовании / П.Ф.Иванкин, Н.И.Назарова. — М.: Изд-во ЦНИГРИ, 2001.

14. **Карогодин Ю.Н.** Региональные стратоны — системы келловей-верхнеюрского разреза Западной Сибири (системно-литмологических пород) // Юрская система России: Проблемы стратиграфии и палеогеографии / Ю.Н.Карогодин, С.В.Климов, М.Р.Храмов / Ред. В.А.Захаров. — Саратов: Недра, 2009.

15. **Каштанов В.А.** Локальный нефтепрогноз по данным аэромагнитной съемки / В.А.Каштанов // Геология нефти и газа. — 1988. — № 12.

16. **Кропоткин П.Н.** Дегазация Земли и генезис углеводородов / П.Н.Кропоткин // Журнал ВХО им. Менделеева. — 1986. — Т. XXXI. — № 5.

17. **Павлов Д.И.** Экзогенные хлоридные воды и эндогенное рудообразование / Д.И.Павлов. — М.: Недра, 1975.

© Коллектив авторов, 2017

Владимир Николаевич Бородкин,
главный научный сотрудник,
доктор геолого-минералогических наук,
komgort@mail.ru;

Аркадий Романович Курчиков,
директор,
доктор геолого-минералогических наук,
ARKurchikov@tmnsc.ru;

Антон Сергеевич Недосекин,
первый заместитель генерального директора,
кандидат геолого-минералогических наук,
info@ingeos.info;

Андрей Викторович Лукашов,
генеральный директор,
info@ingeos.info.ru;

Олег Аркадьевич Смирнов,
главный геолог,
кандидат геолого-минералогических наук,
info@ingeos.info.ru.

CHARACTERISTIC OF GEOLOGICAL NATURE OF INVERSION CIRCULAR STRUCTURES IN THE ARCTIC ZONE OF WEST SIBERIA AS A CRITERION OF OIL-AND GAS OCCURRENCE

Borodkin V.N., Kurchikov A.R. (West-Siberian affiliate of the Federal State budgetary scientific institution "Institute of oil and gas geology and geophysics named after A.A.Trofimuk of the SO RAN"), *Nedosekin A.S., Lukashov A.V., Smirnov O.A.* (OOO "INGEOSERVIS")

Inversion circular structures are represented here by local circular uplifts in the Neocomian section passing into depressions at the level of Jurassic horizons. Most of them are found in the Northern and Arctic regions of West Siberia, including in water areas of the Kara and Barents seas.

There are several visions connecting this phenomenon with processes of deep outgassing of the Earth, great height of the column of oil-and-gas saturation, existence of destruction zones, abnormally high formation pressures (AHFP), avalanche-like sedimentation at the Jurassic - Early Neocomian frontier, etc.

The character of seismic records in the zone of inversion circular structures, negative anomalies of Δg , considerable fracturing of rocks in the Jurassic - Neocomian section and existence of AHFP, etc. suggest their connection with zones of destruction and processes of vertical migration of fluids. Also existence of the inversion circular structures can be explained by inhomogeneity of formation pressure and its influence on velocity characteristics of local seismic waves.

Despite the variety of opinions on geological nature of the inversion circular structures, their existence, on one hand, should be regarded as indication of AHFP, which is very important for well-drilling in offshore areas of Russia. On the other hand, in zones of their development the oil-and-gas saturation of a considerable interval of the section is observed as a rule, which can be considered as a positive criterion for prediction of oil and gas occurrence.

Key words: Bolshekhetsk Depression; offshore areas of the Kara Sea; IKS; AHFP; gravity, magnetic and velocity anomalies.