

Связь флюидодинамических процессов с нефтегазоносностью глубоких горизонтов на севере Западной Сибири

Ю.А. Загоровский

геолог 1 категории отдела интерпретации сейсморазведочных данных инженерно-технического центра

u.zagorovskiy@ggr.gazprom.ru

ООО «Газпром геологоразведка», Тюмень, Россия

Описаны результаты изучения флюидальных давлений и активности флюидодинамических процессов по скважинным и сейсморазведочным МОГТ данным на территории деятельности ПАО «Газпром» в Западной Сибири. Приведены материалы, доказывающие, что инверсионные кольцевые структуры являются кинематическими аномалиями сейсмической записи, связанными с процессами вертикальной миграции флюидов. Установлена связь величины пластового давления с активностью процессов вертикальной миграции глубинных углеводородных газов, с тектоническим строением бассейна и нефтегазоносностью. Обоснованы высокие перспективы прироста запасов углеводородов за счет широкого распространения резервуаров с АВПД, нефтегазоносность которых не контролируется структурным планом.

Материалы и методы

Анализ материалов испытания скважин, их геофизических исследований (349 скв.), площадной сейсморазведки методом общей глубинной точки (МОГТ) 3D и 2D на лицензионных участках ПАО «Газпром» в ЯНАО и прилегающих территориях, а также опубликованных и фондовых работ о результатах изучения проблемы АВПД в Западной Сибири и других нефтегазоносных бассейнах.

Ключевые слова

Западная Сибирь, Ямало-Ненецкий автономный округ, нефтегазоносность, аномально высокое пластовое давление (АВПД), инверсионные кольцевые структуры, ачимовская толща, тюменская свита

В настоящее время основной прирост запасов углеводородного (УВ) сырья на лицензионных участках (ЛУ) ПАО «Газпром» в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО) осуществляется за счёт глубоко залегающих (более 3,5 км) отложений ачимовской толщи неокома и тюменской свиты юры с аномально высокими пластовыми и поровыми давлениями (АВПД и АВПоД), активными проявлениями УВ дегазации недр Земли. Эти особенности являются основной причиной, осложняющей проведение геологоразведочных работ на глубокие горизонты. Поэтому изучение закономерностей изменения флюидальных давлений и активности флюидодинамических процессов (обусловленных движением подземных флюидов) в глубоких горизонтах севера Западной Сибири (ЗС) — одна из важнейших задач нефтегазовой геологии в рассматриваемом регионе.

Анализ достоверности прямых замеров пластового давления и его расчета по кривым восстановления давления при промыслово-геологических исследованиях показал, что в большинстве случаев определения пластового давления в условиях АВПД не кондиционны из-за недоосвоенности продуктивных пластов при испытаниях. Использование методики прогноза АВПоД по материалам геофизических исследований скважин (ГИС) А.И. Гальченко [1] позволяет определить лишь поровое давление в прилегающей к пласту глинистой покровке, которое может отличаться на 10–20% от давления в пласте. Поэтому для безаварийной проходки и успешного освоения пласта необходим оперативный мониторинг АВПД в процессе бурения скважин.

Тем не менее, использование скважинной информации о флюидальных давлениях (после отбраковки) позволило установить основные закономерности изменения АВПД

и АВПоД в глубоких горизонтах севера ЗС, построить карты значений коэффициента аномальности пластового давления (K_a), равного отношению пластового давления в пласте к гидростатическому давлению на глубине залегания этого пласта. Такие карты для пласта Ю₂ (кровля тюменской свиты), кровли и подошвы ачимовской толщи неокома на территорию ЯНАО являются основой для расчета плотности бурового раствора при поисково-оценочном и разведочном бурении на глубокие горизонты.

В условиях дефицита кондиционных скважинных данных информацию о пластовом давлении можно получать из материалов сейсморазведки [2], поскольку в зонах АВПД происходит резкое падение скорости сейсмических волн, что сопровождается кинематическими аномалиями сейсмической записи и появлениями «раздувов» временных толщин в объеме зоны АВПД. Материалы сейсморазведки МОГТ показывают, что такие кинематические аномалии широко распространены на севере ЗС. Речь идёт о так называемых «инверсионных кольцевых структурах» (ИКС) [3]. На временных сейсмических разрезах по верхним отражающим горизонтам (ОГ) это поднятия, а по нижним ОГ они трансформируются в прогибы, круглые в плане, амплитуда которых увеличивается вниз по разрезу (рис. 1). ИКС сопровождаются столбообразными зонами падения скоростей сейсмических волн, поэтому, предположения о том, что ИКС — кинематические аномалии сейсмической записи, или «газовые трубы», высказывались давно [4]. Однако лишь в последнее десятилетие были пробурены скважины, которые доказали это (скв. 2099 Хальмерпаутинская, 134 Юрхаровская, 2011 Пакахинская). Они подтвердили наличие поднятий в ИКС и по

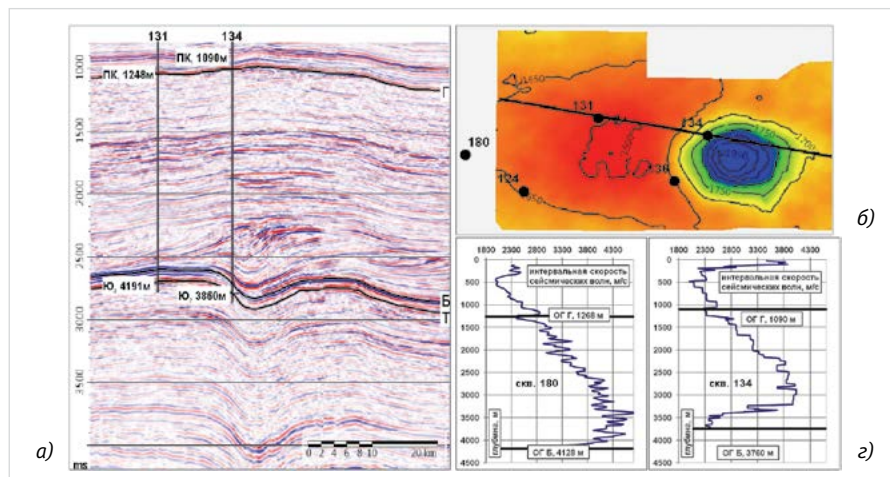


Рис. 1 — Характеристика Юрхаровской ИКС: а — временной сейсмический разрез через Юрхаровское поднятие; б — карта временной толщины сеноман — нижнемеловых отложений (между ОГ Г—ОГ Б); в — интервальные скорости сейсмических волн в интервале (ОГ Г—ОГ Б) по данным ВСП в скважинах 180 и 134 (в)

кровле юры (ОГ Б), резкое падение скоростей сейсмических волн (по данным вертикального сейсмического профилирования — ВСП, рис. 1в), увеличение Ка пластового давления, высокую газонасыщенность разреза ачимовской толщи и юры.

Кроме ИКС, на разных площадях севера ЗС в акустически однородных глинистых толщах в разных интервалах разреза присутствует много круглых в плане аномалий сейсмической записи, похожих на ИКС, но меньших размеров в плане (первые км) и с незначительной вертикальной протяженностью — так называемых «газовых пузырей». Например, на Ямбургском, Уренгойском и Заполярном месторождениях они локализованы в юрских отложениях, на Падинском месторождении — в отложениях верхнего мела. Часть из них вскрыта глубокими скважинами (Ямбургское, Уренгойское месторождения), для которых характерны более высокие Ка пластового давления, чем в соседних скважинах и большое количество осложнений в процессе бурения и испытания, связанные с газопроявлениями в юре. Например, скв. 501 Ямбургского месторождения вскрыла «газовый пузырь» в отложениях тюменской свиты (рис. 2). При этом произошёл неконтролируемый выброс газа, скважину удалось «задавить» лишь буровым раствором плотностью 2,25 г/см³. Возможность выявления таких объектов сейсморазведкой МОГТ 3D путем картирования временных толщин позволяет повысить газобезопасность глубокого бурения.

Изучение размещения ИКС и поля аномально высоких флюидальных давлений (рис. 3) на севере ЗС позволило уточнить их природу. Фактом является связь ИКС с куполами антиклинальных структур, которые контролируют многозалежные месторождения УВ. В количественном отношении ИКС больше всего в наиболее погруженных частях Западно-Сибирского осадочного бассейна: Большехетской и Южно-Карской впадинах (рис. 3а). Территориально эти части бассейна связаны с наибольшими значениями Ка пластового давления (рис. 3б). Поэтому можно

заклучить, что активное структурообразование связано с формированием газовых труб, а наибольшую активность флюидодинамические процессы имеют в пределах прогибов. И активное структурообразование на севере ЗС, и формирование АВПД являются процессами «молодыми». Согласно теоретическим расчетам и построениям различных авторов, продолжительность существования АВПД не превышает 20 тыс. — 1,6 млн лет [5, 6]. Северная часть ЗС — арена активных неотектонических движений, связанных с развитием глобальной рифтовой системы Земли, частью которой являются западно-сибирские рифты [7]. Северная часть ЗС рассматривалась М.Я. Рудкевичем [8] в качестве самостоятельного суббассейна, имевшим историю тектонического развития несколько иную по сравнению с южной половиной ЗС. Это устойчивое прогибание в течение всего мезозоя, неотектоническая активизация с формированием линейных антиклинальных высокоамплитудных складок «геосинклинального» типа и наличие уникальных газовых скоплений, которые будто «накладываются» на нефтеносность с увеличением газовой составляющей на север — к зоне спрединга Северного ледовитого океана. Со всеми этими процессами коррелируется

наличие низкоскоростной линзы (вероятно более газонасыщенной и с более высокими давлениями) в верхней мантии северной части ЗС [9]. Поэтому не стоит считать причиной АВПД в недрах севера ЗС элизионные процессы. Более подтверждается геологическими данными вывод о молодом возрасте и геотектонической природе флюидодинамических процессов, включая АВПД и формирование месторождений УВ, в первую очередь, газообразных.

Активные флюидодинамические процессы являются и первопричиной тектонических движений, в частности, неотектонического складкообразования, поскольку установлено увеличение значений Ка пластового давления в сводах антиклинальных структур на севере ЗС (рис. 4). Подобная обратная локальная связь Ка пластового давления с глубиной в пределах поднятий характерна и для других рифтогенных осадочных бассейнов, испытавших альпийский этап глобальной тектонической активизации — Предкавказского, Южно-Каспийского, Предкарпатского [10]. Наличие генетической связи газонасыщенности, АВПД и флюидодинамических процессов объясняет широкомасштабную продуктивность глубоких горизонтов севера ЗС, слабо контролируемую структурным планом [11].

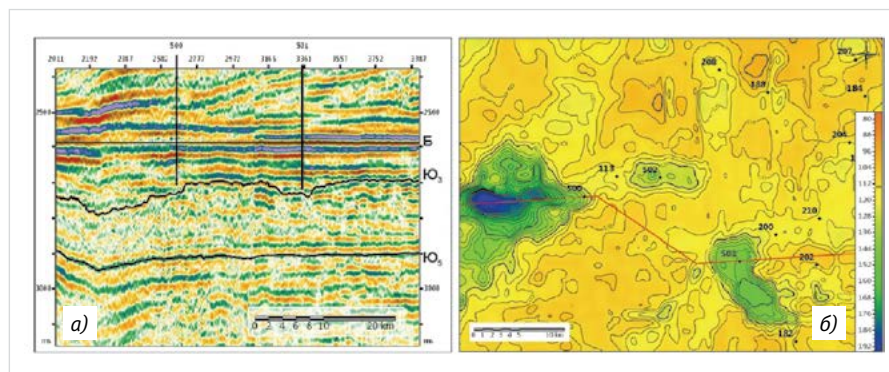


Рис. 2 — а — Временной сейсмический разрез через Ямбургское месторождение, выровненный по ОГ Б; б — карта временных толщин (в миллисекундах — мс) интервала ОГ Б-ТЮ3 Ямбургского месторождения. Увеличение толщин связано с Ямбургской ИКС (слева от скв. 500) и «газовым пузырем», вскрытым скв. 501

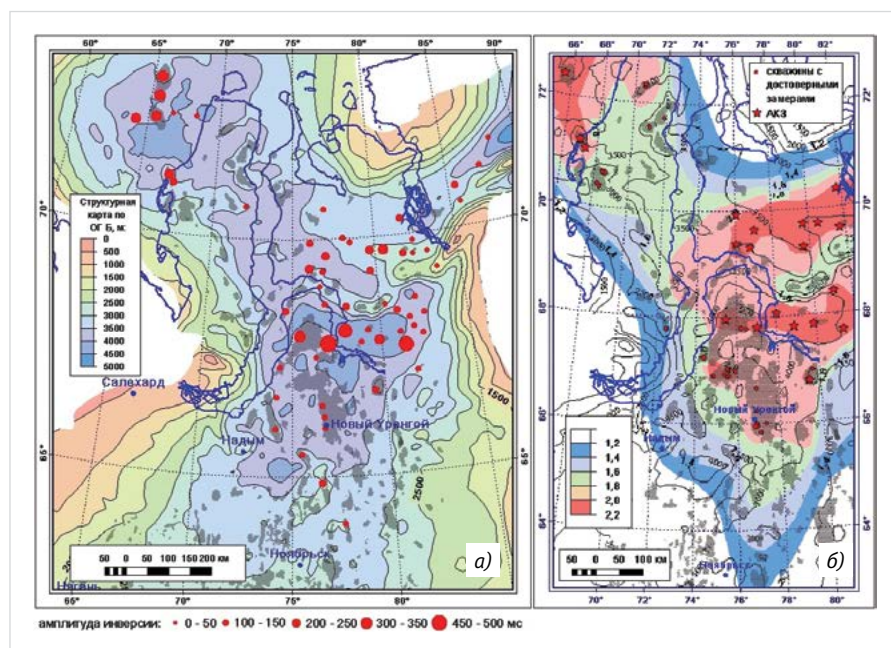


Рис. 3 — а — Схема расположения ИКС в северной части ЗС на структурной карте по кровле юры (ОГ Б); б — карта Ка пластового давления в верхней части разреза тюменской свиты (средняя юра)

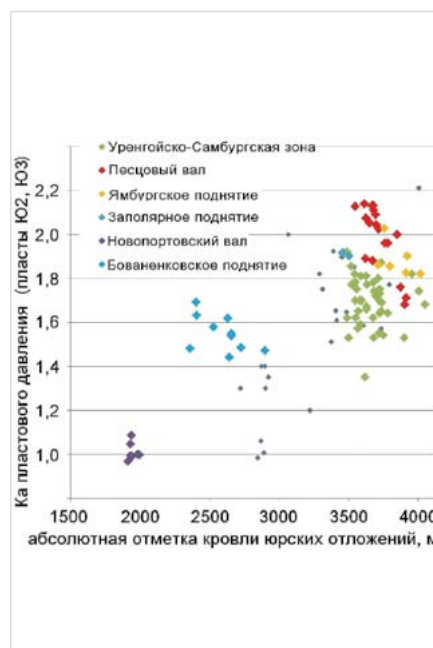


Рис. 4 — Зависимость Ка пластового давления в пластах Ю_{2,3} (средняя юра) от абсолютной отметки (справа)

Итоги

Проведен анализ скважинных и сейсморазведочных данных об аномально высоком пластовом давлении в отложениях ачимовской толщи и тюменской свиты на лицензионных участках ПАО «Газпром» в ЯНАО, сделаны научные и практические выводы.

Выводы

1. «Инверсионные кольцевые структуры» (ИКС) являются кинематическими аномалиями сейсмической записи, связанными с каналами вертикальной струйной миграции углеводородных газов и АВПД. Закартированные ИКС сопутствуют многозалежным месторождениям углеводородов «шашлычного» типа с залежами как в верхнемеловых, так и в нижнемеловых и юрских отложениях, однако, с другой стороны, ИКС и другие флюидодинамические структуры (газовые трубы, газовые пузыри) являются зонами технологического риска при бурении на глубокие горизонты осадочного чехла.
2. Изучены основные закономерности изменения коэффициента аномальности пластового давления (K_a) по площади и по разрезу: рост K_a с глубиной по разрезу скважин, региональное увеличение K_a к наиболее прогнутым частям бассейна, локальное увеличение K_a к сводам антиклинальных поднятий.
3. Установлена связь АВПД в северных районах Западной Сибири с тектоническим строением бассейна, и особенностями нефтегазоносности (активное прогибание в мезозое, интенсивное и дифференцированное неотек-

тоническое воздымание, газоносность).
4. Зона АВПД северных и арктических районов Западной Сибири связана с активностью флюидодинамических процессов. Она контролирует нефтегазоносность линзовидных резервуаров ачимовской толщи и тюменской свиты, вне строгой зависимости от их гипсометрического положения, что существенно повышает перспективы обнаружения новых крупных и гигантских залежей УВ в этих отложениях.

Список литературы

1. Гальченко А.И., Громонщикова Н.И., Лебедев И.Н. Характеристика поровых и пластовых давлений в геологических разрезах Западной Сибири. Эффективность геофизических исследований при разведке нефтяных и газовых месторождений Тюменской области. Сборник научных трудов. Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1988. С. 78–85.
2. Фертьль У.Х. Аномальные пластовые давления. М.: Недра, 1980. 398 с.
3. Гиригорн Л.Ш. Дисгармоничные поднятия в осадочном чехле севера Западно-Сибирской плиты // Советская геология. 1987. № 4. С. 63–71.
4. Адиев Я.Р., Гатаулин Р.М. Кольцевые структуры — «газовые трубы» севера Западной Сибири // Геофизика. 2003. № S2. С. 23–33.
5. Добрынин В.М., Серебряков В.А. Геолого-геофизические методы прогнозирования аномальных пластовых давлений. М.: Недра, 1989. 287 с.
6. Аникиев К.А. Прогноз сверхвысоких пластовых давлений и совершенствование глубокого бурения на нефть и газ. Л.: Недра, 1971. 167 с.
7. Сурков В.С., Трофимук А.А. Мегакомплексы и глубинная структура земной коры Западно-Сибирской плиты. М.: Недра, 1986. 184 с.
8. Рудкевич М.Я. Палеотектонические критерии нефтегазоносности. М.: Недра, 1974. 184 с.
9. Павленкова Г.А., Павленкова Н.И. Результаты сейсмических исследований верхней мантии на территории России. Сейсмические исследования земной коры: Сб. докл. Международ. научн. конф., г. Новосибирск, Академгородок, 23–25 ноября 2004 г. Новосибирск: СО РАН, 2004. С. 375–381.
10. Мелик-Пашаев В.С., Халимов Э.М., Серегина В.Н. Аномально высокие пластовые давления на нефтяных и газовых месторождениях. М.: Недра, 1983. 181 с.
11. Ахмедсафин С.К., Рыбальченко В.В., Меркулов А.В. и др. Перспективы и технологии поисков и разведки залежей углеводородов в ачимовских и юрских отложениях Ямало-Ненецкого автономного округа // Геология нефти и газа. 2016. №2. С. 11–17.

OPAL
НЕФТЕПРОДУКТЫ В ВОДЕ



SERES
environnement



- Анализатор содержания нефтепродуктов в воде OPAL.
- Предназначен для технологического контроля содержания нефтепродуктов в воде и выявления аварийных ситуаций.
- Взрывозащищенное исполнение.
- Непрерывный постоянный контроль.
- Принцип измерения — инфракрасный оптический.
- Диапазон измерения от 0 до 100 ppm (мг/л).
- Успешно эксплуатируется на технологических установках НПЗ РФ.



ООО «АРД Групп»

г. Рязань, 390022,
196 км. (Окружная дорога),
д.12, оф.23

Тел. +7 (4912) 30-05-29
Моб: +7 (964) 158-31-21
+7 (906) 64-88-999

E-mail: info@ardgrupp.ru
a.levchenkov@ardgrupp.ru

The correlation between fluid-dynamic process and petroleum potential of deep horizons in the North of Western Siberia

Author:

Yuri A. Zagorovsky — 1 category geologist of Department of seismic data interpretation, the engineering and technical center; u.zagorovskiy@ggr.gazprom.ru

LLC "Gazprom Geologorazvedka", Tyumen, Russian Federation

Abstract

The article describes the results of the analysis of borehole and seismic information about the abnormally high formation pressure in the Achimov and Tyumen formations in the territory of the activities of "Gazprom" in Western Siberia. The evidence to prove that the "inversion ring structures" are kinematic anomalies of the seismic records that related to the processes of jet vertical migration of fluids is given. The connection between the value of the reservoir pressure, the activity of the processes of vertical migration of deep hydrocarbon gases, the tectonic structure of basin and petroleum potential is shown. High prospects to increase hydrocarbon reserves with the wide distribution of the reservoirs with abnormal high pressure, petroleum potential of which is not controlled by the structural plan are shown.

Materials and methods

Analysis of well-testing data, geophysical research wells data (349 wells) and CDP-seismic data (3D, 2D) on license blocks of

"Gazprom" in the Yamal-Nenets Autonomous district and adjacent areas.

Results

The analysis of borehole and seismic data about the abnormally high formation pressure in the Achimov and Tyumen formations at the license areas of "Gazprom" in the Yamal-Nenets Autonomous district. Scientific and practical insights are done.

Conclusions

1. "Inversion ring structures" are kinematic anomalies of the seismic records associated with channels of jet vertical migration of hydrocarbon gases and Abnormally high formation pressure. Such objects are accompanied by a multi-Deposit formations deposits of hydrocarbons ("shashlyk" – type deposits) in upper Cretaceous, lower Cretaceous and Jurassic sediments, but, on the other hand, "Inversion ring structures" are zones technological risk during drilling.
2. The main features of fluid pressure distribution are found: the increase of pressure with depth in well cross-section,

the regional increase of pressure to the arched parts of the pool, a local increase in of pressure to the vaults anticlinal uplifts.

3. The connection of abnormally high pressure in the Northern region with the tectonic of the basin, and petroleum potential is found (active subsidence in the Mesozoic, intense neotectonic uplift, gas content).
4. The area of abnormally high pressure in the Northern and Arctic regions of Western Siberia linked to the activity of fluid-dynamic processes. It controls the oil and gas content of lenticular reservoirs of Achimov and Tyumen formations, outside the strict according to their hypsometric position. This fact increases the prospects of finding new, large and giant deposits of hydrocarbons in these sediments.

Keywords

Western Siberia, Yamalo-Nenets Autonomous district, petroleum potential, abnormally high formation pressure, inversion ring structure, Achimov formation, Tyumen formation

References

1. Gal'chenko A.I., Gromonshchikova N.I., Lebedev I.N. *Kharakteristika porovykh i plastovykh davleniy v geologicheskikh razrezakh Zapadnoy Sibiri. Effektivnost' geofizicheskikh issledovaniy pri razvedke neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy Tyumenskoy oblasti* [Characteristics of pore and formation pressure in geological sections of Western Siberia. The effectiveness of geophysical methods to the exploration of oil and gas fields in the Tyumen region]. Theses. Tyumen: *ZapSibNIGNI*, 1988, pp. 78–85.
2. Ferti' U.Kh. *Anomal'nye plastovye davleniya* [Abnormal formation pressure]. Moscow: *Nedra*, 1980, 398 p.
3. Girshgor'n L.Sh. *Disgarmonichnye podnyatiya v osadochnom chekhle severa Zapadno-Sibirskoy plity* [Disharmonious uplift in the sedimentary cover of the Northern West Siberian plate.] *Sovetskaya geologiya*, 1987, issue 4, pp. 63–71.
4. Adiev Ya.R., Gataulin R.M. *Kol'tsevye struktury — "gazovye trubyy" severa Zapadnoy Sibiri* [Ring structure — "gas pipe" of the North of Western Siberia]. *Russian Geophysics*, 2003, issue 2S, p. 23–33.
5. Dobrynin V.M., Serebryakov V.A. *Geologo-geofizicheskie metody prognozirovaniya anomal'nykh plastovykh davleniy* [Geological-geophysical methods of predicting abnormal formation pressures]. Moscow: *Nedra*, 1989, 287 p.
6. Anikiev K.A. *Prognoz sverkhvysokikh plastovykh davleniy i sovershenstvovanie glubokogo bureniya na neft' i gaz* [Forecast ultra-high formation pressures and improvement of deep drilling for oil and gas]. Leningrad: *Nedra*, 1971, 167 p.
7. Surkov V.S., Trofimuk A.A. *Megakompleksy i glubinnaya struktura zemnoy kory Zapadno-Sibirskoy plity* [Mega-complexes, and deep crustal structure of the West Siberian plate]. Moscow: *Nedra*, 1986, 149 p.
8. Rudkevich M.Ya. *Paleotektonicheskie kriterii neftegazonosnosti* [Paleotectonic criteria for oil and gas potential]. Moscow: *Nedra*, 1974, 184 p.
9. Pavlenkova G.A., Pavlenkova N.I. *Rezultaty seysmicheskikh issledovaniy verkhney mantii na territorii Rossii* [The results of seismic studies of the upper mantle on the territory of Russia]. Theses of international scientific conference "Seismic studies of the earth's crust", Novosibirsk: SB RAS, 23-25 November 2004, pp. 375–381.
10. Melik-Pashaev V.S., Khalimov E.M., Seregina V.N. *Anomal'no vysokie plastovye davleniya na neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniyakh* [Abnormally high reservoir pressures in oil and gas fields]. Moscow: *Nedra*, 1983, 181 p.
11. Akhmedsafin S.K., Rybal'chenko V.V., Merkulov A.V. and other *Perspektivy i tekhnologii poiskov i razvedki zalezhey uglevodorodov v achimovskikh i yurskikh otlozheniyakh Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga* [Prospects and techniques of hydrocarbon deposits exploration in the Achimov and Jurassic deposits of the Yamalo-Nenets autonomous okrug]. *Oil and gas geology*, 2016, issue 2, pp. 11–17.