

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/1_2015

УДК 552.51:552.578.061.4:551.734.3(470.53)

Багаев А.Н.Пермский государственный национальный исследовательский университет («ПГНИУ»), Пермь, Россия, bagaev_alex@mail.ru

ФРАНСКИЕ ПЕСЧАНИКИ НА СЕВЕРЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Рассмотрено геологическое строение франских терригенных отложений верхнего девона северной части Пермского края. Литолого-фациальные реконструкции позволили выявить области распространения песчаных толщ, проследить латеральную изменчивость вещественного состава, провести их корреляцию и выявить закономерности изменения коллекторских свойств от условий осадкообразования.

Ключевые слова: *песчаники, терригенные отложения, коллекторские свойства, франский ярус, Пермский край.*

На сегодняшний день ресурсная база углеводородов Пермского края значительно истощена. Ее восполнение может быть осуществлено за счет разведки слабоизученных, но перспективных нефтегазоносных комплексов осадочного чехла [Сташкова, Фрик, Багаев, 2007]. Одним из таких комплексов являются терригенные отложения девона. Его перспективность подтверждается открытием промышленных залежей нефти, большая часть которых приурочена к живетско-нижнефранской (пашийско-тиманской) части разреза. Геологическое строение пашийско-тиманских отложений характеризуется высокой степенью литологической изменчивости как по разрезу, так и по площади. Восстановление условий осадконакопления для прогноза изменения различных характеристик (мощность, литологический состав, коллекторские свойства и т.д.) пород в межскважинном пространстве – основа для выбора направлений дальнейших поисково-разведочных работ.

Стратиграфически пашийский и тиманский горизонты соответствуют объему надгоризонта коми [Решение межведомственного регионального..., 1990]. Ранее в разрезах Пермского Прикамья пашийский горизонт выделялся в меньшем объеме – только нижней, преимущественно песчаной, части надгоризонта, а вышележащая слоистая толща относилась к упраздненному сейчас кыновскому горизонту, объем которого был больше тиманского горизонта. На основе зонального расчленения по споро-пыльцевым комплексам Р.М. Араслановой удалось обособить характеристики пашийского и тиманского горизонтов на уровне подзон [Арасланова, 2002; Арасланова, Сташкова, 2002]. Из них две нижние подзоны (снизу вверх) *Hymenozonotriletes incisus* и *Archaeoperisaccus verrucosus* соответствуют пашийскому горизонту, верхняя подзона обильной *Archaeozonotriletes variabilis* – тиманскому горизонту [Решение палинологического коллоквиума..., 1984].

Отложения нижнепашийского подгоризонта залегают на разновозрастных образованиях живетского яруса или додевона (рис. 1). Литологически породы подгоризонта представлены преимущественно светло-серыми песчаниками, алевролитами с подчиненными прослоями аргиллитов. Отложения верхнепашийского подгоризонта повсеместно отличаются от нижнепашийских более глинистым составом, увеличением количества остатков ископаемых организмов.

Разрез слагают переслаивающиеся алевролиты, мелкозернистые отсортированные кварцевые песчаники и аргиллиты. По простиранию литологические разности замещают друг друга в разных соотношениях даже в пределах небольших территорий. Тиманский горизонт сложен глинисто-карбонатной толщей. По простиранию глинисто-карбонатные отложения в разном объеме замещаются терригенными. Нижняя часть горизонта представлена переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов в различных соотношениях.

В истории геологического развития девонской терригенной толщи на территории Пермского Прикамья выделено несколько трансгрессивно-регрессивных циклов [Сташкова, Багаев, Ощепков, 2009]. Предшествующий пашийско-тиманскому периоду осадконакопления живетский трансгрессивный цикл привел к широкому распространению терригенных осадков [Багаев, 2012]. В раннепашийское время фиксируется регрессивный максимум, выразившийся в сужении и разделении единого бассейна седиментации на два – западный и восточный (рис. 2а). Терригенный характер осадков обусловлен господствовавшими на большей части территории условиями осадконакопления прибрежной части отступившего мелкого моря с неустойчивой береговой линией, с временно возникавшими островами, сетью опресненных лагун, озер и речных дельт. Из существовавших фациальных обстановок преобладали прибрежно-континентальные, прибрежно-морские и в меньшей степени присутствовали мелководно-морские. Слабосортированные песчаные и песчано-глинистые отложения накапливались в прибрежно-континентальной части бассейна. Прибрежно-континентальная зона сменялась прибрежно-морской, где отлагались разнозернистые пески (самый нижний, относительно выдержанный на значительной площади песчаный пласт), которые в сторону моря замещались глинисто-алевритовыми осадками, содержащими сферолиты сидерита и оолиты шамозита в местах защищенных от морских волнений отмелями [Багаев, 2006]. Накопление выдержанных толщ песков связано с деятельностью подводных течений, транспортировавших обломочный материал из прибрежно-континентальной части палеобассейна. В максимально прогнутых участках бассейна отлагались глинистые и карбонатно-глинистые осадки.

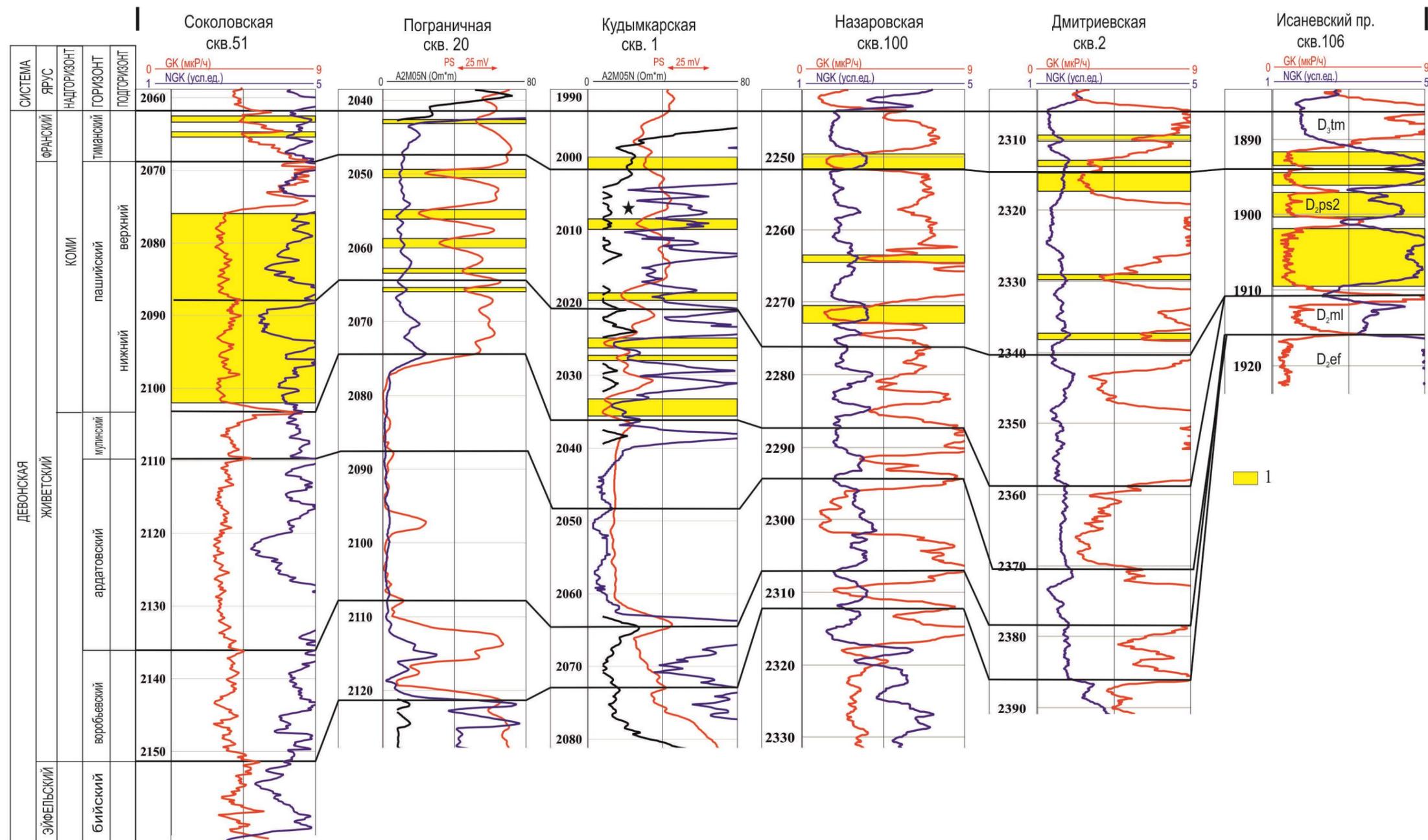


Рис. 1. Схема корреляции живетско-нижнефранских отложений северных районов Пермского Прикамья в разрезах скважин с выделением песчаных пластов пашийско-нижнефранской толщи
1 - песчаные пласты.

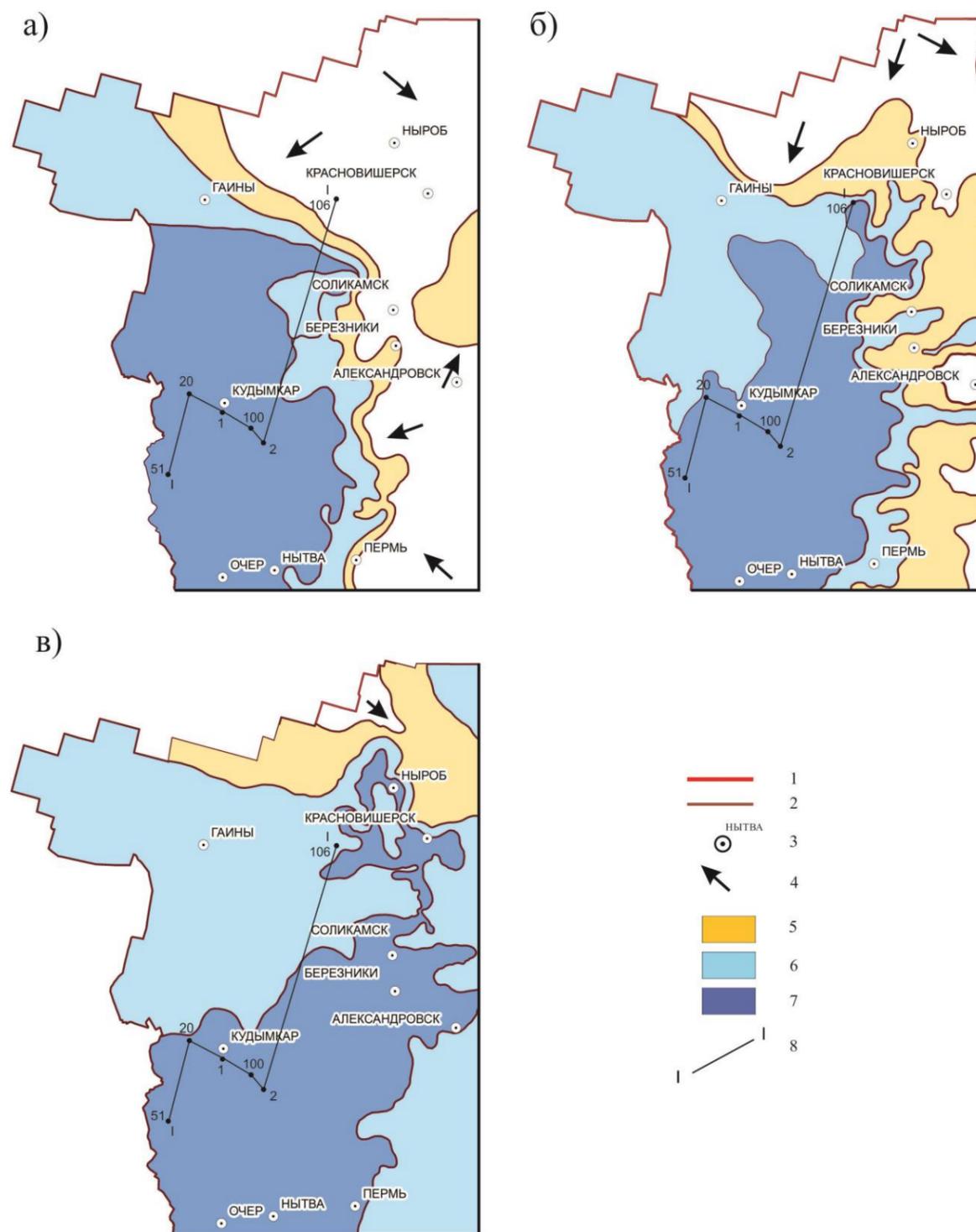


Рис. 2. Фациальные схемы раннепермского подъяруса северных районов Пермского Прикамья: нижнепермский подгоризонт (а), верхнепермский подгоризонт (б), тиманский горизонт (в)
 1 - административная граница Пермского края; 2 - границы фациальных зон; 3 - населенные пункты; 4 - главные направления поступления обломочного материала; 5-7 - фациальные типы отложений; 5 - прибрежно-континентальные, 6 - прибрежно-морские, 7 - мелководно-морские; 8 - линия корреляционной схемы (см. рис. 1).

В позднепашийское время происходит смена знака тектонических движений, западный и восточный бассейны вновь соединяются (франская трансгрессия). Область осадконакопления расширяется, где на большей части территории устанавливался нормальный морской режим (рис. 2б). На мелководность бассейна указывает фауна, оолиты шамозита и глауконит. На западе по-прежнему существовала, прибрежно-морская зона, которая плавно в северном и южном направлениях сменялась фациями прибрежно-континентальной равнины, где в условиях дельт, опресненных лагун, заливов осаждался плохо отсортированный песчаный и алевритово-глинистый материал. В связи с усилением трансгрессии шло формирование неоднородного песчаного пласта и слоистой карбонатно-глинистой пачки над ним. За пределами развития раннепашийских отложений, позднепашийские характеризуются более песчаным составом, примесью мелкого гравия и появлением прослоев гравелитов. Обломочный материал поставлялся с размывающихся участков суши и, в значительной мере, за счет переотложения ранее образовавшихся осадков.

Тиманское время характеризуется дальнейшим развитием трансгрессии. Отложения терригенной части тиманского горизонта развиты почти на всей территории Пермского края перекрывая более древние отложения девона или додевона (рис. 2в). Камский и Башкирский своды заливаются морем, сокращается количество обломочного материала. Это время отличается накоплением преимущественно карбонатно-глинистых осадков. Выдержанное на значительной площади строение отложений, наличие в них прослоев известняков с типичной фауной свидетельствует об образовании их в морском бассейне. Уменьшение количества песчаных осадков с возрастанием количества карбонатного материала в направлении Урала говорят о трансгрессии моря в пределы Прикамья с юго-запада. Относительно глубоководная часть бассейна характеризовалась отложением карбонатно-глинистых илов. О мелководности бассейна говорят волнистая и косая слоистости алевритово-глинистых пород, прослойки песчано-алевритовых разностей, органогенно-детритовая структура известняков, характер захоронения фауны, комплекс бентосной фауны.

Анализ нефтеносности центральных и северных территорий Пермского края показал, что подавляющее большинство нефтепроявлений разной интенсивности приурочено к песчаным прослоям верхней части разреза терригенного девона (тиманский и пашийский горизонты), где открыты залежи с промышленными и непромышленными запасами нефти (Федорцовское, Чердынское, Исаневское, Комарихинское, Краснокамское, Северокамское) [Лядова, Яковлев, Распопов, 2010]. Фациальный анализ отложений тиманского горизонта доказывает, что выдержанные толщи песчаного материала накапливались в прибрежно-морской фациальной зоне. Источником обломочного материала служили разрушающиеся

приподнятые участки суши, с которых он сносился многочисленными временными потоками и реками. Поступающий в море материал рассортировывался донными течениями, окатывался и неоднократно переоткладывался. За прибрежными гравелитами и песками (при анализе с суши в сторону моря) располагаются песчаные и алевритовые осадки, которые характеризуются относительно тонкозернистым составом. Помимо прибрежной зоны, пески распространены и в некотором удалении от берега среди глинисто-алевритовых илов. Форма и размеры таких песчаных участков обусловлены направлением и гидродинамической активностью донных течений и топографией дна.

В отложениях *пашийского горизонта* прослеживаются два регионально выдержанных пласта (Dps-I и Dps-II). Площадь распространения нижнего пласта (Dps-I раннепашийского возраста) значительно меньше, чем верхнего и тяготеет к западной части территории (см. рис. 1, 2а, 3). Верхний пласт (Dps-II позднепашийского возраста) развит гораздо шире, но из-за литологической неоднородности менее выдержан по площади, чем нижний (рис. 4а). Пласты разделяются пачкой глинисто-алевролитовых пород. Суммарная мощность песчаных пластов изменяется в больших пределах, наибольшая – в зоне развития полных разрезов Краснокамско-Чусовской котловины. Отсутствие их отмечается в районах древних сводов. Максимальная мощность пласта Dps-I (25-30 м) установлена в разрезах скважин Сивинской, Верещагинской, Соколовской разведочных площадей, откуда во всех направлениях происходит уменьшение его толщины до 10-15 м и далее в восточном и северном направлении – до полного выклинивания.

Коллекторские свойства пород пашийского горизонта изменяются в широких пределах. Породы с пористостью 14,2-27,2% и проницаемостью до 1285 мД прослеживаются небольшими участками в меридиональной полосе Гайнинской, Кочевской, Белоевской, Пограничной, Верещагинской, Очерской и на Рассветовской площадях. На остальной территории, особенно в восточной части Пермского края, в разрезе этого пласта преобладают песчаники алевритистые и алевролиты разномзернистые, часто глинистые, коллекторские свойства которых в значительной степени ухудшены. Коллекторы пористостью 15-20% и проницаемостью до 500 мД имеют наибольшее площадное развитие в составе пашийского горизонта. Низкоемкие коллекторы пористостью до 10% и имеющие проницаемость от 1 до 100 мД, связаны с зонами развития песчано-алевролитовых и алевролитовых пород. Они более характерны для северо-восточных районов. Низкие коллекторские свойства песчаники имеют вблизи источников сноса, где развиты разномзернистые каолинизированные песчаники.

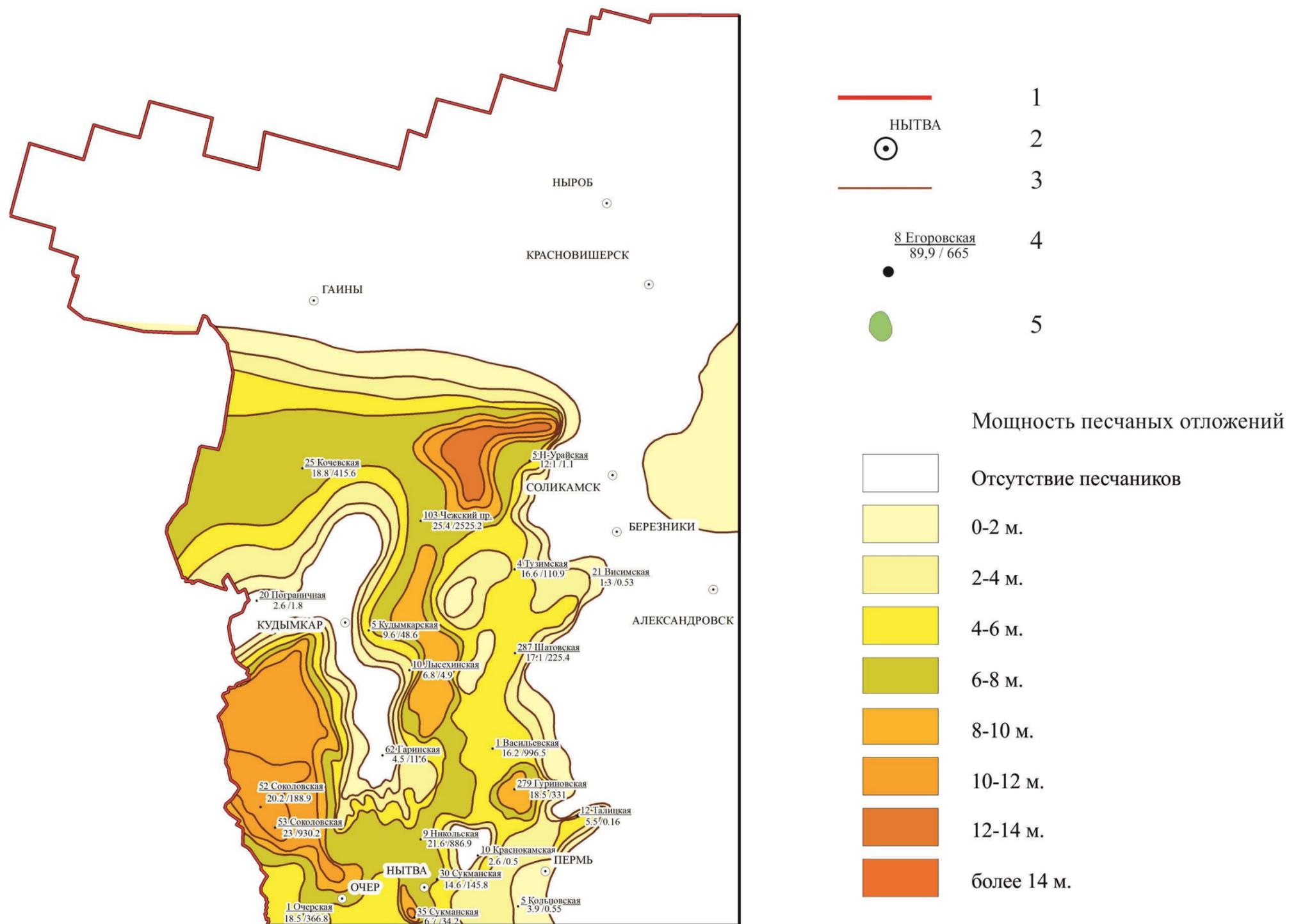


Рис. 3. Карта распространения песчаников нижнепермийского подгоризонта в центральных и северных районах Пермского края

1 - административная граница Пермского края; 2 - населенные пункты; 3 - изопахиты; 4 - скважины, где в числителе указано название, в знаменателе первое значение - величина пористости, %, второе значение - проницаемость, мД; 5 - положительные структуры по кровле тиманского горизонта.

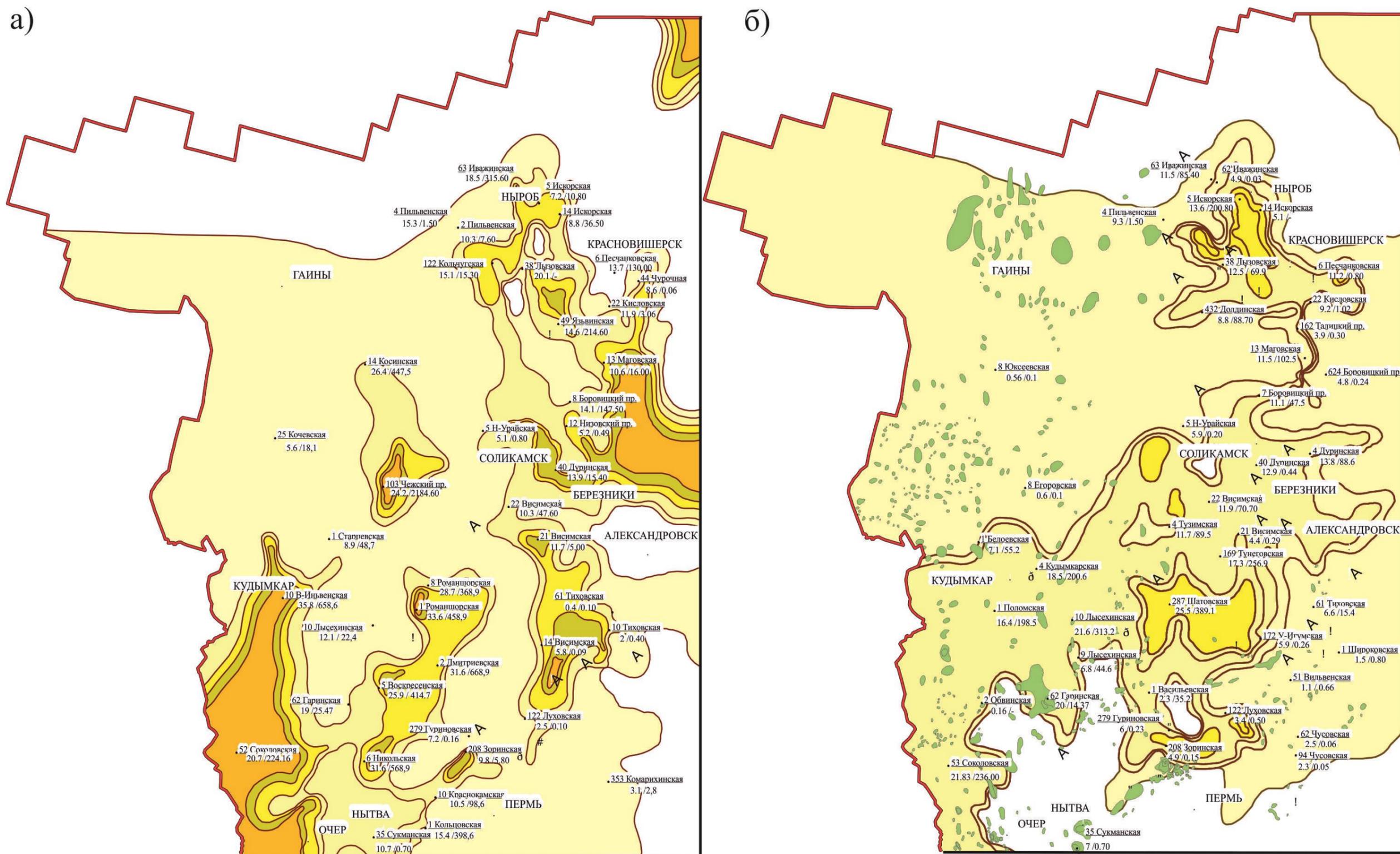


Рис. 4. Карта распространения песчаников верхнепермийского подгоризонта (а) и тиманскоко горизонта (б) в центральных и северных районах Пермского края

Условные обозначения см. на рис. 3.

Лучшими коллекторскими свойствами обладают, как правило, песчаные разности пород в районах больших мощностей пластов. Пласты малой мощности сложены обычно алевролитами, песчаниками и характеризуются относительно низкими коллекторскими свойствами.

Для терригенной части *тиманского горизонта* франского яруса литолого-фациальная характеристика пород сравнительно слабо изменяется по площади. Грубозернистые разности приурочены к наиболее погруженным частям палеобассейна седиментации (рис. 4б). Здесь выделяется регионально выдержанный пласт D_0 . Мощность его варьирует на значительной части территории в пределах 3-7 м. Коллекторские свойства сильно зависят от различного содержания глинистого материала. Как правило, в зонах повышенных мощностей песчаных пластов коллекторские свойства наиболее высокие и достигают значений 20% пористости и проницаемости до 1000 мД. Так, например, на Краснокамско-Полазнинской антиклинали, где пласт D_0 содержит промышленные залежи нефти, пористость его составляет 15,8-19,6%, проницаемость – 79-971 мД. Коллекторы с указанными свойствами наиболее распространены на западных склонах Пермского и Башкирского сводов и в других районах. Менее емкие коллекторы пористостью до 10% с проницаемостью от 1 до 100 мД имеют песчано-алевритовый и алевритовый состав. Как видно на рис. 3б, эти коллекторы имеют широкое площадное распространение. Весьма низкопроницаемые коллекторы, обладающие проницаемостью менее 1 мД, развиты в пределах Верхнекамско-Чусовской палеовпадины, реже за ее пределами (Сенькинская, Тиховская, Сосновская разведочные площади и др.). Коллекторы этого класса характеризуются алевритовым составом пород, пористость их составляет менее 10%. Низкие коллекторские свойства обусловлены малой мощностью пластов и их значительной глинистостью.

Как видно на рис. 1, песчаные пласты пашийского и тиманского возраста разделяются прослоями (иногда значительной мощности) алевритов и аргиллитов. Повышенное содержание в них песчаной фракции отрицательно влияет на флюидоупорные характеристики, хотя на отдельных участках территории такие прослои могут удерживать скопления углеводородов (участки Назаровской, Пограничной разведочных площадей). Основной покрывкой для девонской терригенной толщи являются аргиллиты, глинистые алевриты и известняки верхней пачки тиманского и карбонатные отложения саргаевского горизонтов, под которой обнаружены основные залежи углеводородов [Проворов, 2007].

Основными потенциальными объектами обнаружения скоплений нефти в живетско-нижнефранских отложениях осадочного чехла Пермского края являются положительные структуры по кровле тиманского горизонта, выявленные сейсморазведочными работами различных модификаций. Кроме того, глубина залегания песчаных пластов уменьшается с

юга на север, что четко видно на рис. 1. Данный факт позволяет сделать предположение о возможности скопления нефти в литологических ловушках в зоне выклинивания песчаных пластов в районе расположения древней береговой линии палеобассейна.

Литература

Арасланова Р.М. Зональное расчленение нижнефранских отложений Пермского Прикамья по спорам и уточнение живетско-франской границы на Русской платформе и Урале // Геология девонской системы: Материалы Международного симпозиума. – Сыктывкар: Геопринт, 2002. – С. 130-132.

Арасланова Р.М. Сташкова Э.К. Зональное расчленение по спорам нижнефранских отложений и выделение тиманского горизонта в разрезах Пермского Прикамья // Геологическое изучение и использование недр: научно-техн. инф. сб. ООО Геоинформмарк: - М., 2002. – Вып. 1. – С. 9-20.

Багаев А.Н. Живетские песчаники на севере Пермского края // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2012. - Т.7. - №1. - http://www.ngtp.ru/rub/4/14_2012.pdf

Багаев А.Н. Литофациальная характеристика нижнефранских отложений Висимской палеовпадины // Материалы II геологической конференции КамНИИКИГС. Депонир. в ВИЭМС 06.06.2006. №1241. Пермь, 2006. – С. 35-40.

Лядова Н.А. Яковлев Ю.А., Распопов А.В. Геология и разработка нефтяных месторождений Пермского края – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2010. – 335 с.

Проворов В.М. О генетической связи зон нефтегазоаккумуляции в терригенном девоне с мобильными зонами фундамента на территории северной части Волго-Уральской провинции // Вестник Пермского университета, 2007. – Вып. 4 (9). – С. 26-31.

Решение межведомственного регионального стратиграфического совещания по среднему и верхнему палеозою Русской платформы (с региональными стратиграфическими схемами 1988 г.) // Девонская система. – Ленинград, 1990. – 59 с.

Решение палинологического коллоквиума, посвященного зональному делению и корреляции разрезов девона Русской платформы. - Ухта, 1984. – 9 с.

Сташкова Э.К., Багаев А.Н., Ощепков В.А. Особенности строения и нефтеносность девонских терригенных отложений Пермского края // Геология нефти и газа. – 2009. – №2. – С. 35-40.

Сташкова Э.К., Фрик М.Г., Багаев А.Н. Девонский терригенный комплекс и перспективы его нефтегазового потенциала в Пермском крае // Состояние и перспективы нефтегазового потенциала Пермского края и прилегающих регионов: материалы научн-практ. конф. - Пермь, 2007 – С.53-57.

Bagaev A.N.

Perm State National Research University, Perm, Russia, bagaev_alex@mail.ru

FRASNIAN SANDSTONES ON THE NORTH OF THE PERM REGION

The geologic structure of the Frasnian terrigenous deposits of the Upper Devonian northern part of the Perm region is analyzed. Lithofacial reconstructions have enabled to reveal areas of distribution of sandy strata, trace lateral variability of the material composition, carry out their correlation, and identify patterns of change in reservoir properties depending on the sedimentation conditions.

Keywords: sandstone, terrigenous sediments, reservoir properties, Frasnian, Perm region.

References

Araslanova R.M. Stashkova E.K. *Zonal'noe raschlenenie po sporam nizhnefranskikh otlozheniy i vydelenie timanskogo gorizonta v razrezakh Permskogo Prikam'ya* [Zonal subdivision on the basis of spores of Lower-Frasnian deposits and distinguishing of Timan horizon in Perm Prikamye sections]. In: *Geologicheskoe izucheniye i ispol'zovaniye nedr: nauchno-tekhn. inf. sb.* OOO Geoinformmark: Moscow, 2002, vol. 1, p. 9-20.

Araslanova R.M. *Zonal'noe raschlenenie nizhnefranskikh otlozheniy Permskogo Prikam'ya po sporam i utochnenie zhivetsko-franskoy granitsy na Russkoy platforme i Urale* [Zonal subdivision of Lower-Frasnian deposits of the Perm Prikamye on the basis of spores and clarification of Givetian-Frasnian boundary on the Russian platform, and Urals]. In: *Geologiya devonskoy sistemy: Proceedings of the International Symposium.* Syktyvkar: Geoprint, 2002, p. 130-132.

Bagaev A.N. *Litofatsial'naya kharakteristika nizhnefranskikh otlozheniy Visimskoy paleovpadiny* [Lithofacies characteristics of Lower-Frasnian deposits of Visimsky paleo-depression]. Proceedings of the II Conference geological KamNIKIGS. Perm', 2006, p. 35-40.

Bagaev A.N. *Zhivetskie peschaniki na severe Permskogo kraya* [Givetian sandstones in the north of Perm Region]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 2012, vol. 7, no. 1, available at: http://www.ngtp.ru/rub/4/14_2012.pdf

Lyadova N.A. Yakovlev Yu.A., Raspopov A.V. *Geologiya i razrabotka neftyanykh mestorozhdeniy Permskogo kraya* [Geology and development of oil fields of the Perm region]. Moscow: OAO «VNIOENG», 2010, 335 p.

Provorov V.M. *O geneticheskoy svyazi zon neftegazonakopleniya v terrigenom devone s mobil'nymi zonami fundamenta na territorii severnoy chasti Volgo-Ural'skoy provintsii* [About genetic connection of oil and gas accumulation zones in the terrigenous Devonian with mobile zones in the basement of the northern part of the Volga-Ural province]. *Vestnik Permskogo universiteta*, 2007, vol. 4 (9), p. 26-31.

Reshenie mezhdvodomstvennogo regional'nogo stratigraficheskogo soveshchaniya po srednemu i verkhnemu paleozoyu Russkoy platformy (s regional'nymi stratigraficheskimi skhemami 1988 g.) [The decision of the interdepartmental regional stratigraphic meetings on the middle and upper Paleozoic Russian platform (with regional stratigraphic scheme 1988)]. *Devonskaya sistema.* Leningrad, 1990, 59 p.

Reshenie palinologicheskogo kollokviuma, posvyashchennogo zonal'nomu deleniyu i korrelyatsii razrezov devona Russkoy platformy [The decision of the palynological colloquium on zonal division and correlation of sections of the Devonian of the Russian Platform]. Ukhta, 1984, 9 p.

Stashkova E.K., Bagaev A.N., Oshchepkov V.A. *Osobennosti stroeniya i neftenosnost' devonskikh terrigenykh otlozheniy Permskogo kraya* [Features of the structure and oil potential of the Devonian terrigenous deposits of Perm region]. *Geologiya nefi i gaza*, 2009, no. 2, p. 35-40.

Stashkova E.K., Frik M.G., Bagaev A.N. *Devonskiy terrigenyy kompleks i perspektivy ego neftegazovogo potentsiala v Permskom krae* [Devonian terrigenous complex and prospects of its oil

and gas potential in the Perm region]. In: Sostoyanie i perspektivy neftegazovogo potentsiala Permskogo kraya i prilegayushchikh regionov: Proceedings of Scient. Conf. Perm', 2007, p. 53-57.

© Багаев А.Н., 2015