

УДК 553.982.2

ЛИТОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД ГОРИЗОНТА АВ₁ ЛАС-ЁГАНСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Исаева Оксана Алексеевна¹,
okisaeva@yandex.ru

Чернышов Алексей Иванович²,
aich@ggf.tsu.ru

¹ Филиал ООО «Лукойл-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени, Россия, 628485, г. Когалым, ул. Дружбы народов, 15.

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

В настоящее время большое значение приобретает проблема эффективных методов разработки нетрадиционных пород-коллекторов и пород с низкими фильтрационно-емкостными свойствами. К породам такого типа относятся песчано-алеврито-глинистые отложения горизонта АВ₁ Лас-Ёганского нефтяного месторождения с текстурой типа «рябчик», которые широко развиты на месторождениях Нижневартовского свода.

Цель работы: детальные и систематические исследования литолого-петрографических особенностей отложений горизонта АВ₁ исследуемого нефтяного месторождения и типизация пород-коллекторов горизонта по одному или нескольким параметрам.

Методы исследования. В качестве материала для исследований использовались образцы керна, отобранные из отложений горизонта АВ₁ Лас-Ёганского месторождения из скважин 3001, 187р, 9609, 9617. Проанализировано более 50 образцов керна с использованием седиментологических и литологических методик исследования терригенных осадочных образований; проведено макроописание керна с определением текстурных особенностей. Лабораторные работы включали оптико-микроскопические, гранулометрические, рентгенографические, электронно-микроскопические методы исследования представительных образцов пород, что позволило выявить их отличительные признаки по физическим и петрофизическим параметрам.

Результаты. Горизонт АВ₁ на месторождениях Субширотной Оби отличается сложным строением. Верхнюю часть разреза слагают породы со значительным содержанием глинистой компоненты. Ниже по разрезу глинистые «рябчики» замещаются опесчаненными «рябчиками», далее наблюдаются прослои слоистых алевролитов и алевропесчаников с флазерными текстурами. Прослеживается огрубление терригенного материала сверху вниз, при этом плотность пород уменьшается, а коэффициент пористости и проницаемости возрастает. В верхней части горизонта залегает региональный репер, представленный глинистыми отложениями кошайской пачки. Нижним репером служат комковатые пестроцветные глины вартовской свиты. В горизонте АВ₁ выделяются продуктивные пласты: АВ₁¹⁺² и АВ₁³, которые отличаются друг от друга литологическим составом, условиями осадконакопления и дебитом скважин.

Ключевые слова:

Нетрадиционные коллекторы, глинистые коллекторы, оптико-микроскопический метод, рентгеноструктурный метод, рябчиковые текстуры, фациальные условия образования.

Район исследований находится в центральной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, Среднеобской нефтегазоносной области. В тектоническом плане Лас-Ёганское месторождение приурочено к Нижневартовскому своду, осложненному структурами II, III и IV порядков (рис. 1). Объектом исследования являются терригенно-осадочные отложения горизонта АВ₁, относящиеся к нижней подсвите алымской свиты [1, 2].

Особенностью разрезов горизонта АВ₁ является широкое развитие в продуктивных отложениях «рябчиковых» текстур, имеющих сложный литологический состав, обусловленный быстро меняющимися фациальными условиями бассейна седиментации. В алеврито-песчаных отложениях преобладают пологоволнистые и линзовидные текстуры, обусловленные тонким переслаиванием двух либо трех литотипов: песчаников, алевролитов и глин, которые образуют «рябчиковую» текстуру. Толщина глинисто-гидролюдистых слоев в них варьирует от 1 мм до 2–3 см, иногда более (рис. 2) [3–5].

По мнению В.П. Алексеева, породы с «рябчиковыми» текстурами сформированы в активно-мелководной обстановке седиментации, относятся к фации глинистых и алеврито-песчаных осадков прибрегового взмучивания (БПВ). Группа – бассейновая, подгруппа – мелководно-бассейновая, макрофаза – отложения полуизолированного малоподвижного бассейнового мелководья, фация – глинисто-алевритовых осадков приливно-отливной зоны (ватты) [3, 4].

В основу выделения типов пород с «рябчиковыми» текстурами положена классификация Ф. Петтиджона (1981 г.), основанная на структурно-текстурных особенностях отложений [6–12]. В процессе исследований по разрезам изученных скважин выделены все четыре типа (условно литотипа) «рябчиков», средние значения фильтрационно-емкостных параметров которых значительно варьируют в пределах литотипов:

- сильно глинистый «рябчик»
($K_{mp}=0,01-0,06 \cdot 10^{-3}$ мкм²);



Рис. 1. Фрагмент тектонической карты Центральной части Западно-Сибирской плиты (под ред. В.И. Шпильмана, Н.И. Змановского, Л.Л. Подсосовой, 1998 г.)

Fig. 1. Tile of tectonic map of the central part of the West Siberian plate (eds. V.I. Spilman, N.I. Zmanovsky, L.L. Podsova, 1998)

- глинистый «рябчик» ($K_{\text{по}}=5,2-16,5 \%$, $K_{\text{пр}}=0,09-0,14 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$);
 - слоистый «рябчик» ($K_{\text{по}}=18,2-19,5 \%$, $K_{\text{пр}}=0,79-2,1 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$);
 - опесчаненный (собственный) «рябчик» ($K_{\text{по}}=17,2-21,65 \%$, $K_{\text{пр}}=72,9-123,7 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$),
- где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент абсолютной проницаемости, 10^{-3} мкм^2 ; $K_{\text{по}}$ – коэффициент пористости, %.

Следует отметить, что выделенные типы «рябчиков» в целом представляют собой неравномерное или сравнительно неравномерное сочетание двух, а иногда трех литотипов. То есть это смешанные породы, сформированные в определенных гидродинамических условиях, которые характеризуются различными структурно-текстурными признаками и определенными фильтрационно-емкостными свойствами [13, 14]. Нами была предпринята попытка с помощью гранулометрического анализа отделить песчано-алевритовую фракцию от глинистой составляющей в валовой пробе всех выделенных типов «рябчиков» и получить количественное содержание последней в каждой из них.

Сильно глинистый «рябчик» представлен глинистыми алевритами с высоким содержанием (от 35 % и выше) глинистого материала. Для них характерна неразвитая слоистость, когда глинистые прослои сливаются, изолируя песчано-алевритовые элементы разреза.

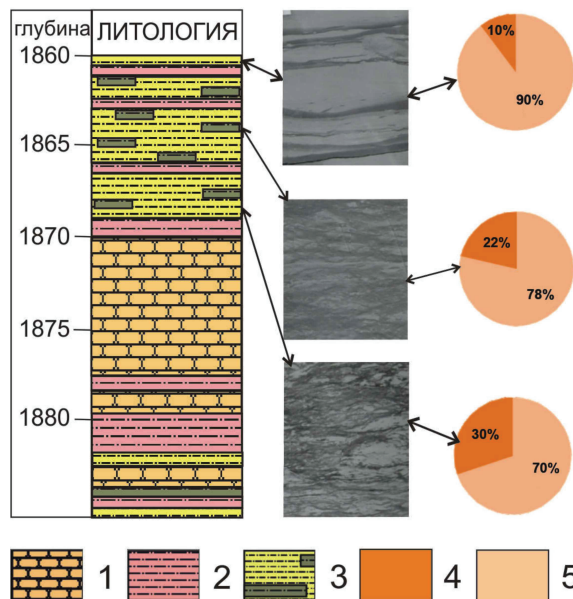


Рис. 2. Распределение пород с «рябчиковыми» текстурами Лас-Еганского месторождения в скв. 3331ц. 1 – песчаники, 2 – алевриты крупно-мелкозернистые, 3 – алевриты мелко-крупнозернистые, глинистые, 4 – содержание песчаного и алевритового материала, 5 – содержание глинистого материала

Fig. 2. Distribution of the «ryabchik»-type rocks in the well no. 3331ts, Las-Egan oil field. 1 are the sandstones, 2 are the coarse- and fine-grained siltstones, 3 are the clayey and fine- and coarse-grained siltstones, 4 is the sand and silt particle content, 5 is the clay particle content

Глинистый «рябчик» представлен породами с повышенным содержанием глинистого материала (20–35 %). Для них характерна линзовидная слоистость.

Слоистый «рябчик» представлен породами, содержание глинистого материала в которых составляет (10–20 %). Текстуры характеризуются волнистой слоистостью.

Опесчаненный, собственно «рябчик» содержит глинистого материала менее 10 %, характеризуется флазерной текстурой.

Выделение количества глинистой составляющей в породах горизонта АВ₁ выполнено по данным гранулометрического анализа (табл. 1). В приведенной таблице мы видим, что с увеличением содержания глины ухудшаются коллекторские свойства пород. В образцах керна рентгеноструктурным анализом установлен минералогический состав пород, при этом для каждого литотипа рассчитано среднее значение каолинита, хлорита, гидрослюда и смешаннослойных образований (табл. 2).

Как отмечалось выше, породы типа «рябчик» представлены сочетанием двух и более литотипов (алевритов, глин и т. д.), поэтому в шлифах охарактеризованы отдельно песчано-алевритовая и глинистая составляющие пород.

Таблица 1. Выделение количества глинистой составляющей в разных типах «рябчика» по данным гранулометрического анализа

Table 1. Clay fraction percentage in different «ryabchik»-type rocks (derived from the PDS analysis)

Литотип Lithotype	Слоистость Bedding	Содержание глинистого материала, % Clay fraction, %	Пористость, K _{по} , % Porosity, %	Проницаемость, K _{пр} , 10 ⁻³ мкм ² Permeability, 10 ⁻³ μm ²
Сильно глинистый «рябчик» Very clayey «ryabchik»	Неразвитая слоистость Undeveloped bedding	≥35	9,5	–
Глинистый «рябчик» Clayey «ryabchik»	Линзовидно-волнистая слоистость Combination of lenticular and wavy bedding	20–35	5,2–16,5	0,06
Слоистый «рябчик» Laminated «ryabchik»	Волнистая слоистость Wavy bedding	15–20	13–17	0,25–1,68
Опесчаненный «рябчик» Slightly sandy «ryabchik»	Флазерная слоистость Flaser bedding	<10	16–22	2,5–40

Примечание. K_{пр} – коэффициент абсолютной проницаемости, 10⁻³ мкм²; K_{по} – коэффициент пористости в %.

Note. K_{пр} is the absolute permeability coefficient, 10⁻³ μm²; K_{по} is the porosity coefficient, %.

Таблица 2. Средние содержания глинистых минералов в породах пласта АВ₁ Лас-Ёганского месторождения

Table 2. Average percentage of clay minerals in the AV₁ rocks (Las-Egan oil field)

Литотип Lithotype	Содержание, %/Content, %			
	Каолинит Kaolinite	Хлорит Chlorite	Гидрослюда Hydromica	Смешанно-слоистые образования Mixed-layer material
Сильно глинистый «рябчик» Very clayey «ryabchik»	52,5	27,8	18,0	3,3
Глинистый «рябчик» Clayey «ryabchik»	60,1	25,5	12,6	2,3
Слоистый «рябчик» Laminated «ryabchik»	64,0	31,0	4,0	2,0
Опесчаненный «рябчик» Slightly sandy «ryabchik»	69,0	27,0	4,0	–

Песчано-алевритовый материал образует линзочки и тонкие, часто прерывистые прослои. В составе обломочной части преобладают кварц (40–49 %) и полевые шпаты (30–38 %) при незначительном количестве пород (5–18 %) и слюды (5–10 %). Отмечен мелкий растительный детрит. Цемент в породах поровый, глинисто-гидрослюдистый, реже карбонатного состава, его распределение крайне неравномерное.

Таблица 3. Фильтрационно-ёмкостные свойства и плотность исследованных пород с «рябчиковыми» текстурами Лас-Ёганского и Нивагальского месторождений

Table 3. Reservoir properties of the «ryabchik»-type rocks in the Las-Egan and Nivagal oil fields

Литотип Lithotype	K _{пр} , ×10 ⁻³ мкм ² Permeability, ×10 ⁻³ μm ²	K _{по} , % (по насыщ.) Porosity, % (from saturation)	Плотность, г/см ³ Density (g/cm ³)	
			Объёмная Bulk	Минеральная кажущаяся Apparent matrix
Опесчаненные «рябчики» с флазерными текстурами, н/н песчаники (ср-м/з, м/з) Slightly sandy «ryabchik»-type rocks with flaser bedding (medium-fine grained and fine-grained sandstones)	105,97 [18] 0,13–407,71	21,1 [18] 16,8–24,1	2,12 [19] 2,02–2,38	2,67 [18] 2,65–2,71
Глинистые «рябчики» с линзовидно-волнистой текстурой, опесчаненные в различной степени, в т. ч. н/н Clayey «ryabchik»-type rocks with combined lenticular and wavy bedding and varying degrees of sandiness (including oil-saturated rocks)	0,26 [26] 0,05–0,94	16,7 [10] 14,3–19,9	2,24 [10] 2,15–2,31	2,69 [10] 2,69–2,70
Алевриты м-кр/з, косослоистые (слоистость пологоволнистая и косая) Low-angle cross-bedded, fine- to coarse-grained siltstones	0,26 [12] 0,17–0,55	14,6 [2] 5,2–20,9	2,31 [3] 2,14–2,57	2,71 [3] 2,70–2,71

Примечание: н/н – нефтенасыщенные, ср-м/з – средне-мелкозернистые, м/з – мелкозернистые, м-кр – мелко-крупнозернистые. В числителе средние значения из (n-количества проб), в знаменателе min и max значения.

Note: н/н – oil-saturated, ср-м/з – medium-fine grained, м/з – fine grained, м-кр – fine-to-coarse grained. Mean values among n-number of samples are in the numerator, min and max values are in the denominator.

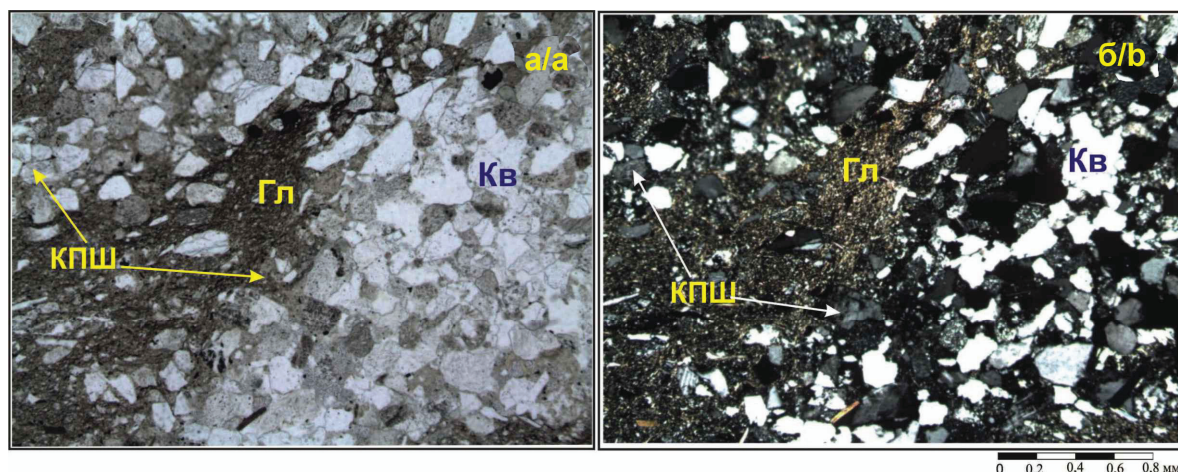


Рис. 3. Линза глинисто-гидрослюдистого состава в мелкозернистом песчанике пласта АВ₁³. Кв – кварц, Гл – глинисто-гидрослюдистый материал, КПШ – калиевые полевые шпаты. Обр. 323–9716–208. Николи: а) ||, б) X

Fig. 3. Hydromica clay lense in the АВ₁³ fine-grained sandstones. Кв is the quartz, Гл is the hydromica clay material, КПШ is the potassium feldspar. Sample No. 323–9716–208. a) parallel nicols, b) crossed nicols

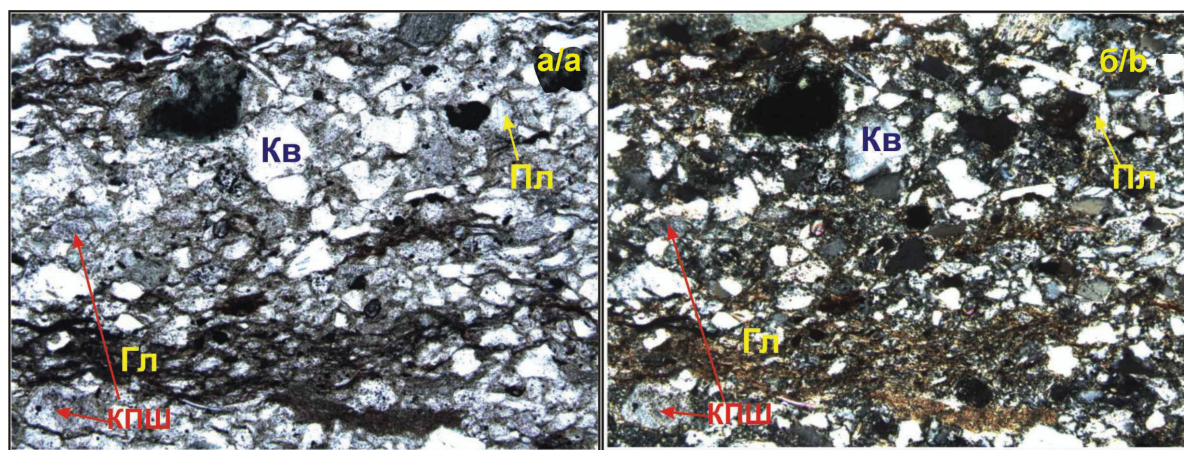


Рис. 4. Неравномерное чередование алевролитов мелкозернистых и алевролитов крупнозернистых песчаных с глинисто-гидрослюдистыми прослоями в пласте АВ₁³. Кв – кварц, Гл – глинисто-гидрослюдистый материал, КПШ – калиевые полевые шпаты, Пл – плагиоклаз. Обр. 323–187–211. Николи: а) ||, б) X

Fig. 4. Irregularly alternated fine-grained, coarse-grained sandy siltstones and hydromica clay material in the АВ₁³ pay zone. Кв is the quartz, Гл is the hydromica clay material, КПШ is the potassium feldspar. Sample No. 323–187–211. a) parallel nicols, b) crossed nicols

Глинистая составляющая «рябчиков» представлена глинисто-гидрослюдистыми намывами и прослоями, обуславливающими текстурные особенности пород. Толщина слоев достигает 6,0 мм (рис. 3, 4) [15–20].

Для каждого выделенного литотипа пород горизонта АВ₁ Лас-Ёганского и Нивагальского месторождений в табл. 3 приведены значения фильтрационно-ёмкостных свойств и их плотность. По данным рентгеноструктурного анализа, соотношение глинистых минералов в цементе – каолинита, хлорита и гидрослюда – зависит от типа «рябчика» и варьирует в значительных пределах, среди них преобладающим является каолинит (65–68 %).

Заключение

Таким образом, результаты исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Структурно-текстурные особенности исследованных пород по разрезам скважин свидетельствуют о формировании отложений пласта АВ₁³ Лас-Ёганского месторождения в условиях трансгрессии. При этом исследуемые разрезы пласта АВ₁³ характеризуются.
2. С уменьшением глинистой составляющей плотность пород уменьшается, а коэффициент пористости и проницаемости возрастает.
3. В верхней части разреза залегают породы со значительным содержанием глинистой компонен-

ты. Ниже по разрезу исследованных скважин глинистые «рябчики» замещаются опесчаненными «рябчиками», далее – наблюдаются прослои слоистых алевролитов и алевропесчаников с флазерными текстурами. Таким образом, в разрезе изученных скважинах выделены все четыре типа пород с «рябчиковыми» текстурами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Литолого-минералогическая характеристика и особенности порового пространства отложений пласта АВ₁³ (группы «рябчик») Урьевского месторождения / О.А. Исаева, Л.Н. Бружес, В.А. Вавилин, О.К. Мартынова, А.Ю. Медведев // Материалы VII Всероссийского литологического совещания «Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории». – Новосибирск: ИНГ СО РАН, 2013. – С. 388–392.
2. Исаева О.А., Вавилин В.А. Литолого-минералогическая характеристика и особенности порового пространства отложений пласта АВ₁³ (группы «рябчик») Урьевского месторождения // Материалы XVI научно-практической конференции «Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала Ханты-Мансийского автономного округа». – Югра: Изд-во Департамента по недропользованию Ханты-Мансийского автономного округа, 2013. – С. 229–235.
3. Алексеев В.П. Атлас субаквальных фаций нижнемеловых отложений Западной Сибири (ХМАО – Югра). – Екатеринбург, Изд-во УГГУ, 2014. – 284 с.
4. Алексеев В.П. Литолого-фациальный анализ. – Екатеринбург: УГГТА, 2003. – 147 с.
5. Лидер М.Р. Седиментология. Процессы и продукты. – М.: Мир, 1986. – 439 с.
6. Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретация полученных данных. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 288 с.
7. Мильнер Г.Б. Петрография осадочных пород. Т. 2. – М.: Недра, 1968. – 665 с.
8. Петтиджон Ф.Дж. Осадочные породы. – М.: Недра, 1981. – 752 с.
9. Rodgers J. The nomenclature and classification of sedimentary rocks // Amer. Jour. Sci. – 1950. – V. 248. – P. 297–311.
10. Bailey E.B. New light on sedimentation and tectonics // Geol. Mag. – 1930. – V. 67. – P. 77–92.
11. Bailey E.B. Sedimentation in relation to tectonics // Bull. Geol. Soc. Amer. – 1936. – V. 47. – P. 1713–1726.
12. Bouma A.H. Methods for the study of sedimentary structures. – New York: Wiley, 1969. – 458 p.
13. Рухин Л.Б., Сердюченко Д.П., Татарский В.Б. Справочное руководство по петрографии осадочных пород. – Л.: Гостоптехиздат, 1958. – 488 с.
14. Теодорович Г.И. Учение об осадочных породах. – Л.: Гостоптехиздат, 1958. – 578 с.
15. Фортунатова Н.К., Агафонова Г.В. Песчаники: состав, структура, классификация, макроописание и изучение в шлифах. – М.: ВНИГНИ, 2012. – 134 с.
16. Рединг Х.Г. Обстановки осадконакопления и фации. Т. 1. – М.: Мир, 1990. – 352 с.
17. Рейнек Г.-Э., Сингх И.Б. Обстановки терригенного осадконакопления. – М.: Недра, 1981. – 439 с.
18. Селли Р.Ч. Древние обстановки осадконакопления. – М.: Недра, 1989. – 294 с.
19. Klein G. V. Paleotidal sedimentation (abstr.) // Geol. Soc. Amer. with Prog. – 1970. – V. 2. – № 7. – P. 598–608.
20. Reineck H.-E., Wunderlich F. Classification and origin of flaser and lenticular bedding // Sedimentology. – 1968. – V. 11. – P. 99–105.

Поступила 15.03.2016 г.

Информация об авторах

Исаева О.А., геолог 2-й категории филиала ООО «Лукойл-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени.
Чернышов А.И., доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры петрографии Национального исследовательского Томского государственного университета

UDC 553.982.2

LITHOLOGIC AND PETROGRAPHIC FEATURES AND RESERVOIR PROPERTIES OF ROCKS OF THE AV₁ HORIZON IN THE LAS-EGAN OIL FIELD

Oksana A. Isaeva¹,
okisaeva@yandex.ru

Alexey I. Chernyshov²,
aich@ggf.tsu.ru

¹ «Lukoil-Engineering» «KogalymNIPolll»,
15, Druzhby narodov street, Kogalym, 628485, Russia.

² National Research Tomsk State University,
36, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia.

Nowadays the problem of the efficient methods for exploring unconventional reservoirs and poor reservoir rocks are of great importance. Such rocks include the «ryabchik»-type AV₁ horizon of Las-Egansky oilfield, represented by interbedded fine layers of sandstone, siltstone and claystone. This horizon is widely distributed in the Nizhnevartovsk Arch.

The aim of the research is the detailed and systematic study of lithological and petrographic features of sediment horizon AV₁ of the investigated oilfield and their typification on the basis of two or more parameters.

The methods used. The core samples from sediments of AV₁ horizon of Las-Yogansky oilfield (wells 3001, 187r, 9609, 9617) were used for the study. The authors have analyzed more than 50 core samples using sedimentological and lithological research techniques of clastic sedimentary formations and carried out macro description of the core defining the textural features. The laboratory work included optical microscopy, particle size distributions, X-ray, electron-microscopic methods of study of the given rock samples, which allowed identifying their distinctive features by physical and petrophysical parameters.

Results. The AV₁ horizon in the oil fields of Sublatitudinal Near-Ob region is characterized by a complex structure. The upper part of the horizon is composed of rocks with a high content of clay component. Lower the section the clay «ryabchiks» are replaced by sandstone-bearing «ryabchiks», then the interlayers of laminar siltstones and siltstone-sandstones with flaser textures are observed. One can observe the top-down coarsening of terrigenous material, while the density of the rock is reduced, and the coefficients of porosity and permeability increase. Regional marker represented by the clayey deposits of the Koshai member occurs in the upper part of the AV₁ horizon. The low marker is lumpy variegated clayey sediments of the Vartovsk formation. Two pay zones (AV₁¹⁺² и AV₁³) are known in the AV₁ horizon. They differ in lithology, depositional environment and oil flow rate.

Key words:

Unconventional reservoir rocks, clayey reservoir rocks, optic microscopy, X-ray diffraction analysis, «ryabchik»-type textures, facies conditions of formation.

REFERENCES

- Isaeva O.A., Bruzhes L.N., Vavilin V.A., Martynova O.K., Medvedev A.Yu. Litologo-mineralogicheskaya kharakteristika i osobennosti porovogo prostranstva otlozheniy plasta AV₁₃ (gruppy «ryabchik») Ur'evskogo mestorozhdeniya [Lithological and mineralogical characteristics and features of pore space of sediments of AV₁₃ layer (group «ryabchik») of Urevsky oilfield]. *Materialy VII Vserossiyskogo litologicheskogo soveshchaniya «Osadochnye basseyny, sedimentatsionnye i postsedimentatsionnye protsessy v geologicheskoy istorii»* [Proceedings of VII All-Russian lithological meeting. Sedimentary basins, sedimentation and Postsedimentary processes in geological history]. Novosibirsk, INGG SO RAN, 2013. pp. 388–392.
- Isaeva O.A., Vavilin V.A. Litologo-mineralogicheskaya kharakteristika i osobennosti porovogo prostranstva otlozheniy plasta AV₁₃ (gruppy «ryabchik») Urevskogo mestorozhdeniya [Lithological and mineralogical characteristics and features of pore space of sediments of AV₁₃ layer (group «ryabchik») of Urevsky oilfield]. *Materialy XVI nauchno-prakticheskoy konferentsii «Puti realizatsii neftegazovogo i rudnogo potentsiala KKhanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga»* [Materials of XVI scientific-practical conference. Ways of implementation of oil-gas and ore potential of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug]. Yugra, Subsurface management department of Khanty-Mansiysk autonomus region Publ., 2013. pp. 229–235.
- Alekseev V.P. *Atlas subakvalnykh fatsiy nizhnemelovykh otlozheniy Zapadnoy Sibiri (KhMAO-Yugra)* [Atlas of the Lower Cretaceous subaqueous facies in West Siberia]. Ekaterinburg, UGGU Press, 2014. 284 p.
- Alekseev V.P. *Litologo-fatsialny analiz* [Lithofacies analysis]. Ekaterinburg, UGGGA Publ., 2003. 147 p.
- Lider M.R. *Sedimentologiya. Protsessy i produkty* [Sedimentology. Processes and products]. Moscow, Mir Publ., 1986. 439 p.
- Maslov A.V. *Osadochnye porody: metody izucheniya i interpretatsiya poluchennykh dannyykh* [Sedimentary rocks: methods to study and results interpretation]. Ekaterinburg, UGGU Press, 2005. 288 p.
- Milner G.B. *Petrografiya osadochnykh porod* [Sedimentary petrology]. Moscow, Nedra Publ., 1934. 338 p.
- Pettijohn F.J. *Osadochnye porody* [Sedimentary rocks]. Moscow, Nedra Publ., 1981. 752 p.
- Rodgers J. The nomenclature and classification of sedimentary rocks. *Amer. Jour. Sci.*, 1950, vol. 248, pp. 297–311.
- Bailey E.B. New light on sedimentation and tectonics. *Geol. Mag.*, 1930, vol. 67, pp. 77–92.
- Bailey E.B. Sedimentation in relation to tectonics. *Bull. Geol. Soc/Amer.*, 1936, vol. 47, pp. 1713–1726.
- Bouma A.H. *Methods for the study of sedimentary structures*. New York, Wiley, 1969. 458 p.
- Rukhin L.B., Serdyuchenko D.P., Tatarskiy V.B. *Spravochnoe rukovodstvo po petrografii osadochnykh porod* [Guidelines for sedi-

- mentary petrology]. Leningrad, Gostoptekhizdat Publ., 1958. 488 p.
14. Teodorovich G.I. *Uchenie ob osadochnykh porodakh* [Theory of sedimentary rocks]. Leningrad, Gostoptekhizdat Publ., 1958. 578 p.
 15. Fortunatova N.K., Agafonova G.V. *Peschaniki: sostav, struktura, klassifikatsiya, makroopisanie i izuchenie v shlifakh* [Sandstones: composition, textural features, description and thin-section examination]. Moscow, VNIGNI Press, 2012. 134 p.
 16. Reading H.G. *Obstanovki osadkonakopleniya* [Depositional environments and facies]. Moscow, Mir Publ., 1990. Vol. 1, 352 p.
 17. Reineck H.-E., Singh I.B. *Obstanovki terrigennogo osadkonakopleniya* [Clastic depositional environments]. Moscow, Nedra Publ., 1981. 439 p.
 18. Sally R.Ch. *Drevnie obstanovki osadkonakopleniya* [Ancient depositional environments]. Moscow, Nedra Publ., 1989. 294 p.
 19. Klein G.V. Paleotidal sedimentation (abstr.). *Geol. Soc. Amer. with Prog.*, 1970, vol. 2, no. 7, pp. 598–608.
 20. Reineck H.-E., Wunderlich F. Classification and origin of flaser and lenticular bedding. *Sedimentology*, 1968, vol. 11, pp. 99–105.

Received: 15 March 2016.

Information about the authors

Oksana A. Isaeva, geologist, «Lukoil-Engineering» «KogalymNIPIoll».

Alexey I. Chernyshov, Dr. Sc., professor, National Research Tomsk State University.