

УДК 552.578.2.061.3:550.4(547.5)

ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ЯНОВСТАНСКОЙ СВИТЫ ВАНКОРСКОЙ ПЛОЩАДИ**Столбова Н.Ф., Исаева Е.Р.***Томский политехнический университет, Томск, e-mail: elena_isayeva.89@mail.ru*

Проведено литологическое и геохимическое исследование нефтематеринской толщи, вскрытой в северо-восточной части Западной Сибири. Она представлена яновстанской свитой, которая является возрастным аналогом баженовской свиты. В результате исследований были выявлены петрографические и текстурно-структурные особенности отложений: повышенная дисперсность материала, тонкослоистые параллельно-слоистые текстуры, преобладание в составе органо-глинистого материала с захороненным органическим веществом. Все эти особенности характерны и для отложений баженовской свиты. Также проведены ядерно-геохимические исследования с целью выявления в разрезе особенностей распределения ураноносного керогена типа II. Выявлено, что породы обогащены ураноносным органическим веществом. Также в статье проведено сравнение результатов измерений количества керогена типа II методом ядерной геохимии с методом Rock-Eval. Последний был проведен с целью определения нефтегенерирующего потенциала яновстанской свиты. При сравнении, видно, что области повышенных содержаний U и содержания органического углерода (TOC) совпадают.

Ключевые слова: яновстанская свита, литогеохимия, уран, кероген типа II, Ванкорская площадь**LITHOLOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES OF JANOVSTANSKAJA SUITE SEDIMENTS (VANKOR AREA)****Stolbova N.F., Isaeva E.R.***Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: elena_isayeva.89@mail.ru*

The main aim of this work was to definition of lithological, petrographic and geochemical features of Janovstanskaya suite in the North-Eastern part of the West Siberian region (Vankor area), and compare these characteristics with Bazhenov suite which are similar in age. In the studies were identified petrographic and textural-structural features of sediments: high dispersion material, laminated parallel texture, composition mainly presents clay material often with the presence of buried organic matter. All these features are characteristic of the Bazhenov formation deposits. Also carried out nuclear and geochemical studies of Janavstaskaya suite to identify in the context of the peculiarities of the uranium distribution. In the result, it was determined that the rocks there is a increased uranium content: the average uranium content reaches 4 to $5 \cdot 10^{-4}$ to $10 \cdot 10^{-4}\%$. Also compared the method nuclear and geochemical studies with the method of Rock-Eval conducted to determine oil source potential of Janavstaskaya suite. When compared, it is seen that the region of elevated concentrations of U and the elevated content of organic carbon (TOC) coincide. From all studies concluded that Janavstaskaya suite has a good generation properties, especially in the middle part of the section

Keywords: Janovstanskaja suite, lithogeochemistry, uranium, kerogen type II, Vankor Area

Нефтематеринские породы (НМП), по определению большинства отечественных и зарубежных нефтяников, стоящих на позиции органического происхождения нефти, – это породы, содержащие повышенное количество органического вещества сапропелевой природы.

В настоящее время в геологии большое внимание уделяется захороненному рассеянному органическому веществу, его количеству, типизации, химизму, морфологии.

Развитие органической геохимии последних десятилетий радикально изменило представление о захороненном ОВ. После работ голландского химика Д. ван Кревелена, специалиста в области химии полимеров [8], стало известно, что захороненные в осадочных породах органические вещества есть не что иное, как природные геополимеры (керогены). Они имеют твердое состояние, устойчивое химическое строение, определенный состав и закономерные черты эво-

люции. Они практически не растворимы в минеральных и в органических кислотах.

Трудоемкость извлечения керогена из пород определила сравнительно узкий круг методов его анализа и типизации. К ним относятся геолого-генетические, петрографо-морфологические методы. В последнее время к ним добавились геохимические.

Определение типов керогенов стало возможно при исследовании их геохимической связи с металлами. Последние выступают не только как катализаторы синтеза геополимеров, но и входят в их состав. Органический синтез в разных геохимических обстановках диагенеза неодинаков и приводит к накоплению неодинакового комплекса металлов в разных типах керогенов. В связи с этим металлоносность керогенов может выступать в качестве одного из критериев их генетической типизации [6].

Уже с открытием явления радиоактивности было замечено, что породы,

обогащенные захороненным органическим веществом (ЗОВ), обнаруживают часто аномалии, обусловленные повышенными содержаниями в них урана.

Уран не только обладает уникальными ядерными свойствами, но и является исключительно информативным элементом при проведении прикладных геохимических исследований. Это обусловлено тем, что уран принимает активное участие в процессах органического синтеза, имеет высокую миграционную способность и весьма чувствителен к изменению рН и Eh флюидной системы.

Обнаружение в нефтегенерирующих отложениях ураноносного керогена типа II, который способен генерировать сингенетичные битумоиды, привело к созданию новой технологии их изучения – ядерно-геохимические исследования на реакторе ИРТ-Т [6, 7]. Многочисленные анализы терригенных осадочных пород Западной Сибири показали, что средняя величина содержаний урана в осадочных породах лежит на уровне $(1,99-2,6) \cdot 10^{-4}$ г/т. Повышенные содержания урана (превышающие кларковые значения концентраций урана, по данным А.А. Смылова [5], для соответствующих разновидностей пород), а также высокие содержания Сорг характерны для образцов нефтематеринских отложений. Итак, нефтематеринские породы – это породы, способные генерировать нефть [8] и содержащие обычно повышенные количества урана. По этим признакам они отнесены учеными ВНИГРИ [3] к отложениям доманикового типа.

В изученных разрезах скважин (Ванкорская-11, Западно-Лодочная-1, Восточно-Лодочная-1, Туколандо-Вадинская-320, Северо-Туколандская-1, Хикиглинская-1 и др.) нефтематеринские породы характерны для отложений яновстанской свиты. Эта свита входит в состав баженовского горизонта волжского возраста [2]. Отложения ее развиты в самой восточной части Западно-Сибирской плиты, в частности в Усть-Енисейском районе.

В связи с перспективой нефтегазоносности этой части региона отложения яновстанской свиты заслуживают пристального внимания, т.к. являются возрастными аналогами нефтематеринской баженовской свиты, широко развитой и достаточно хорошо изученной в центральной части Западной Сибири [4].

Цель исследования. Основной целью изучения было выявление литологических, петрографических и геохимических особенностей яновстанской свиты в сравнении с отложениями баженовской свиты. А также попытка определить генерационные свойства изучаемой свиты.

Материал и методы исследования

Изучение отложений проводилось по керну и шламу скважин: Хикиглинской-1 (на глубине 3500–3844 м), Туколандо-Вадинской-320 (3790,0–4130,0 м), Ванкорской-11 (2988–3283 м), Западно-Лодочной-1 (3552,0–3858,0 м), Восточно-Лодочной-1 (3690,0–3800,0 м) и других. Для этого были использованы литолого-петрографические исследования, а также ядерно-геохимический метод (запаздывающих нейтронов), с помощью которого определялись особенности распределения урана и глинозема. Облучение образцов выполнялось на базе Томского исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т.

Результаты исследования и их обсуждение

При *литолого-петрографических исследованиях* в породах яновстанской свиты было обнаружено ориентированное расположение удлиненных фрагментов и компонентов пород, обуславливающих проявление типичных для отложений доманикового типа тонкослоистых текстур (рис. 1). Их слоистость подчеркивается и распределением захороненного ОВ в пелитовой массе породы.

Породы достаточно плотные, имеют черный цвет, под микроскопом слабо реагируют на поляризованный свет. Для них характерно наличие тонкого материала (дисперсность частиц меньше 0,01 мм), который представлен пелитовыми глинистыми частицами, органическими и органоглинистыми соединениями, частицами органогенных скелетных образований разной степени разложенности, немногочисленными пылеватыми частицами растительного детрита и терригенного обломочного материала.

Пелитовый материал яновстанской свиты является продуктом сложных процессов перекристаллизации органо-минеральных соединений, а также продуктом разложения и полимеризации органических веществ и сульфидизации. Все это делает породы яновстанской свиты достаточно хорошими флюидоупорами для мигрирующих снизу жидких и газообразных УВ-флюидов. Так, в аргиллитах малышевской свиты скважины Ванкорская-11 встречены линзы и включения черного битуминозного вещества, а в некоторых интервалах отмечен запах УВ (3548,7–3550, 3545–3546,5 и 3540–3543 м).

На фоне слабо реагирующего на поляризованный свет органо-глинистого агрегата хорошо просматривается захороненное ОВ. Это – ярко-красные прозрачные гелефицированные однородные изотропные образования. Предыдущий опыт с использованием осколочной радиографии показал равномерное распределение урана в подобных образованиях, которые по соотношениям Н, С и О отнесены Д. ван Кревеленом к керогену типа II [6]. По форме они часто встречаются

в виде удлиненных червеобразных выделений. Видимо, они представляют собой псев-

доморфозы по одному виду отмершей фауны, вероятно, по роющим организмам (рис. 2).

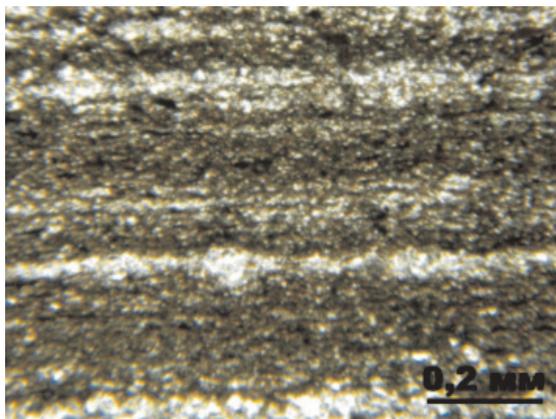


Рис. 1. Типичная тонкопараллельная слоистость пород доманикового типа в яновстанской свите. Светлые прослои обогащены микрообломочным материалом, темные – органо-минеральным и органическим. Скви. Хикиглинская-1, гл. 3659,0 м (яновстанская свита). N // Ув. 10^x. U – 3,42 г/т, Al₂O₃ – 15,38%, U/Al₂O₃ – 0,223

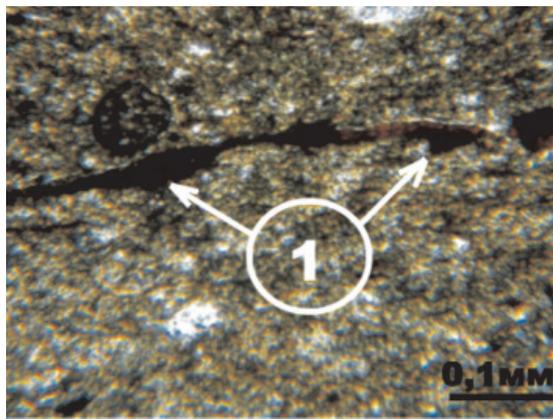


Рис. 2. Ураноносный кероген типа II, образующий псевдоморфозу по роющему организму в пелитовом агрегате (1). Шлиф X-I/3642,8. Скви. Хикиглинская-1, гл. 3642,8 м (яновстанская свита). N // Ув. 20^x. U – 4,07 г/т, Al₂O₃ – 15,79%, U/Al₂O₃ – 0,258

В породах нередко отмечаются формы, напоминающие ходы илоедов, а также присутствие карбонатных скелетов фораминифер. Иногда на фоне тонкодисперсного агрегата видны сферические скелетные остатки карбонатного и кремнистого состава. Кое-где отмечается четкая округлая форма таких организмов, шиповатая внешняя поверхность бурефы, кремнистое кольцо и заполненная буроватым слабопрозрачным органическим веществом внутренняя часть. Размеры таких скелетных остатков < 0,01 мм. Они напоминают угнетенные формы радиолярий, характерных для отложений баженовского моря. Повсеместно отмечаются сгустки и комочки раскристаллизованного вещества, которые имеют слабый желтоватый цвет и органо-кремнистый состав. Возможно, это более интенсивно преобразованные скелетные остатки юрских организмов, которые на стадии диагенеза вместе со слагающим материалом разлагались, преобразовывались и частично перекристаллизовывались.

Среди разложенного органического материала иногда просматриваются частицы с клеточным строением и угловатыми формами, напоминающими растительный детрит. Их появление свидетельствует о том, что не только сапропелевое ОБ морского происхождения, но и гумусовое вещество (возможно терригенное, привносимое с континента) участвуют в накоплении ОБ. Резковосстановительная среда диагенеза способствует их преобразованию в кероген типа II.

В породах яновстанской свиты периодически отмечается значительное количество пирита. Он развивается за счет сульфатредуцирующих микроорганизмов преимущественно по органическому веществу, образуя отдельные глобулы и колонии. Появление пирита также обусловлено наличием восстановительных и резковосстановительных фаций диагенеза.

В яновстанской свите встречаются породы, насыщенные зернами глауконита. Такие породы указывают на наличие прослоев, геохимические условия формирования которых соответствуют георгиевской свите. Как известно, в центральной части Западной Сибири последняя залегают под баженовской свитой и также обладает нефтегенерирующими свойствами. Важно подчеркнуть, что в условиях северо-восточной части Западно-Сибирского осадочного бассейна проявились геохимические фации диагенеза, аналогичные фациям диагенеза георгиевской свиты.

Анализ текстурно-структурных особенностей пород свиты и органического вещества в них позволяет обратить внимание на три обстоятельства. Одним из них является обнаруженная рассланцовка по направлению слоистости пород, что указывает на возможную текстурную разуплотненность пород, возможную флюидомиграцию в толще нефтематеринских пород и дренаж газобразных и жидких флюидов из них.

Вторым обстоятельством является то, что кероген пород в ряде случаев выгля-

дит необычно темным, почти черным, слабопрозрачным. Традиционно считается, что темный кероген подвергся интенсивному катагенезу. Однако не исключено, что потемнение керогена обусловлено выделением насыщающих его газообразных и жидких углеводородных компонентов – флюидов.

Третьим существенным наблюдением является то, что разложенный растительный детрит нижележащих отложений (лентьевская свита) по цвету, прозрачности, по взаимоотношению с компонентами породы напоминает кероген типа II и предполагает наличие резковосстановительных условий его формирования в диагенезе.

Обогащенные органическим веществом породы яновстанской свиты выделяются как по литолого-петрографическим особенностям, охарактеризованным выше, так и по геохимическим признакам, которые характерны для отложений доманиковых фаций. Прежде всего, это повышенная ураноносность в интервалах: 3190–3225 м – содержание $U = 3,31–4,70$ г/т (скв. Ванкорская-11), 3700–3740 м – $U = 3,29–9,93$ г/т (скв. Западно-Лодочная-1), 3690–3780 м – $U = 3,80–8,94$ г/т (скв. Хикиглинская), 3894,0–3901,0 и 4005,0–4068,0 м – $U = 6–8$ г/т (скв. Туколандо-Вадинская-320), связанная с ОВ. Среднее содержание урана в данных интервалах достигает $4–5 \cdot 10^{-4}$ г/т на фоне средней величины для всех пород яновстанской свиты – $2,90 \cdot 10^{-4}$ г/т. Здесь же обнаруживаются образцы и с более высокими концентрациями урана (до $9,93 \cdot 10^{-4}$ г/т). Скорее всего, это связано с тем, что при недостатке кислорода и ферментативном разложении исходного ОВ возникают благоприятные условия для органического синтеза металлоорганических геополимеров. Проведенные на реакторе ИРТ-Т исследования отложений баженовской свиты Западной Сибири показали, что уран входит в состав керогена типа II. Соотношение между содержаниями керогена и урана достаточно стабильное. Это дает возможность вычислять ориентировочные содержания керогена типа II по несвязанному с алюмосиликатами «избытку» урана. Микрораспределение урана в ОВ анализировалось методом осколочной радиографии. При исследованиях видно, что треки урана связаны с захороненным органическим веществом. Концентрации урана значительно уменьшаются в минеральном веществе [6].

По результатам ядерно-физических исследований коллекций образцов шлама исследуемых скважин были построены графики зависимости содержаний U от глубины взятия пробы. Рассматривая литогеохимический разрез скважины Ванкорская-11

(рис. 3), можно увидеть три наблюдаемых уровня повышения концентраций нефтегенерирующего керогена. Первый снизу уровень находится в инт. 3240,0–3280,0 м, второй – в инт. 3180,0–3230,0 м и третий – в инт. 3115,0–3165,0 м. Наиболее интересен и значим средний интервал, т.к. для него характерна максимальная доля ураноносного керогена – 0,828% (гл. 3200,0 м) и 0,669% (гл. 3205,0 м). Эти интервалы обогащены захороненным ураноносным органическим веществом. Среднее расчетное его количество в образцах керна нижнего интервала составляет 0,231%, во втором – 0,567%, а в третьем, самом верхнем, – 0,214%. При мощности этих отложений, равной 40, 50 и 50 м соответственно, можно предполагать, что количество нефтегенерирующего ОВ достаточно велико.

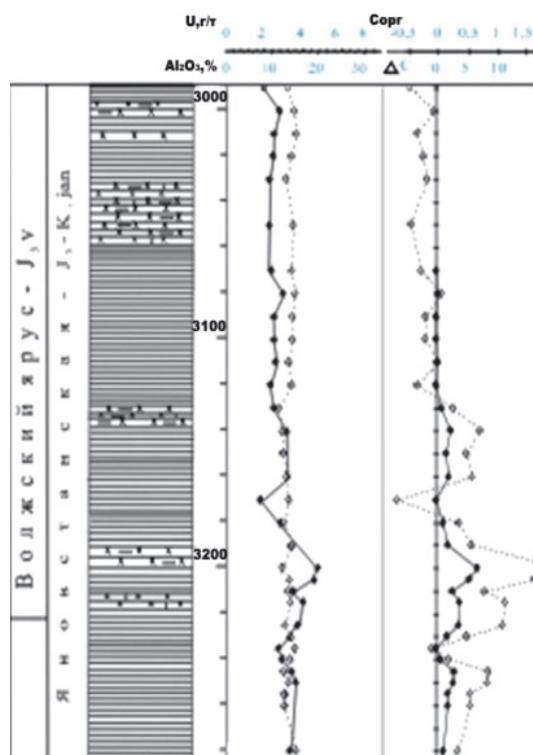


Рис. 3. Часть литогеохимического разреза скважины Ванкорская-11

В целом, в той части яновстанской свиты, которая содержит кероген типа II и имеет мощность в разрезе около 200 м (в инт. 3080,0–3280,0 м) при среднем содержании Sorg, равном 0,229%, возможна генерация значительного количества УВ.

Изучение нефтегенерационного потенциала пород яновстанской свиты проводилось И.В. Гончаровым и др. в трех скважинах: Ванкорской-11, Хикиглинской-1, Туколандо-Вадинской-320 с использованием метода Rock-Eval [1]. Этот метод

предназначен для оценки нефтегенерационного потенциала пород методом пиролиза при программированном профиле температур нагрева. В результате использования этого метода можно определять полный органический углерод (ТОС – Total Organic Carbon) и содержание минерального углерода (Mineral Carbon) в образцах скважин.

Результаты исследований показали, что верхняя часть разреза яновстанской свиты

является бедной по количеству всех выделяемых компонентов. Однако в средней части яновстанской свиты происходит резкое увеличение ТОС до 5–6% [1]. Высокое значение ТОС сопровождается существенным увеличением содержания свободных углеводородов S1, углеводородов крекинга органического вещества S2 и генерационного потенциала HI, что в целом указывает на хорошие нефтематеринские свойства яновстанской свиты в этой части разреза.

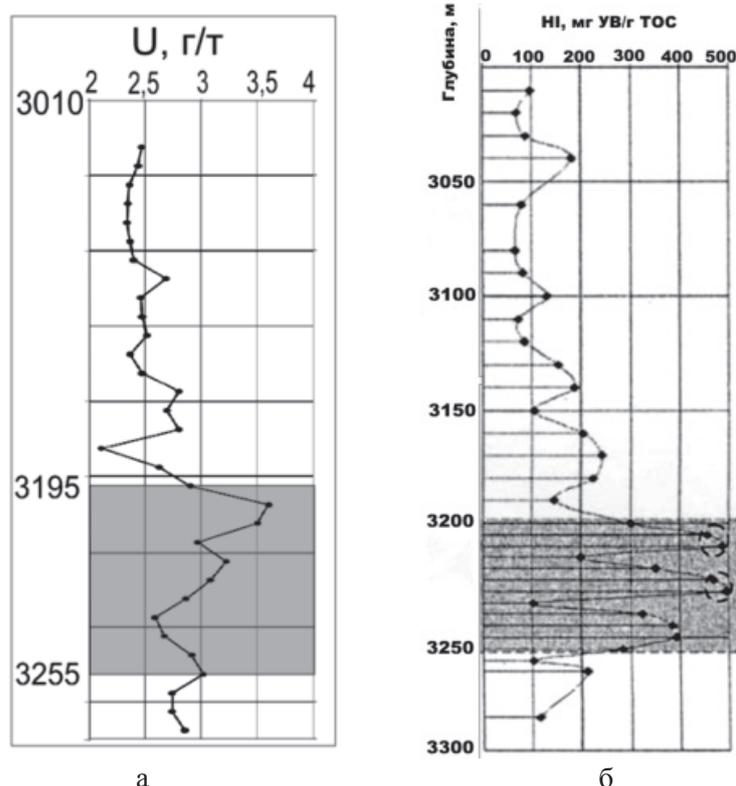


Рис. 4. Сравнение результатов ядерно-физических исследований – концентрации U в породах (а) и исследований, проведенных методом Rock-Eval (б) по скв. Ванкорская-11 (Гончаров и др., 2009)

На графике слева (рис. 4, а), построенном по результатам ядерно-физических исследований образцов шлама скважины Ванкорская-11, четко видно резкое увеличение содержаний U в интервале 3195–3255 м. Аналогичное увеличение содержаний U наблюдается и на разрезах других скважин.

При сравнении результатов исследований нефтегенерационного потенциала пород яновстанской свиты методом Rock-Eval и результатов измерений содержания урана, отражающего количество ураноносного органического вещества (керогена типа II), выполненных ядерно-физическим методом, видно, что области повышенных содержаний U и ТОС хорошо совпадают (рис. 4).

В результате исследования литологических, петрографических и геохимических особенностей пород яновстанской свиты изучаемых скважин можно выделить следующие характерные черты:

- для многих из изученных нами пород яновстанской свиты характерна повышенная дисперсность материала, который представлен в основном органо-глинистым веществом, а также тонкослоистые параллельнослоистые текстуры, что также свойственно для отложений баженовской свиты
- породы яновстанской свиты обогащены захороненным органическим веществом, которое нередко представлено в виде красных прозрачных гелефицированных однородных образований керогена типа II;

– нефтематеринские отложения выделяются по геохимическим признакам – это повышенная ураноносность $U = 3,31-9,93$ г/т; – результаты лито-ядерно-геохимических исследований свидетельствуют о хороших нефтегенерационных свойствах, в особенности в средней части разреза яновстанской свиты.

Список литературы

1. Гончаров И.В., Кринин В.А., Самойленко В.В., Обласов Н.В., Фадеева С.В. К вопросу о генерационном потенциале яновстанской свиты северо-востока Западной Сибири // Химия нефти и газа: Седьмая Международная конференция – Томск, ИОА СО РАН. – Томск: Институт оптики атмосферы СО РАН. – 2009. – С. 26–30.
2. Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К. и др. Геология нефти и газа Западной Сибири. – М.: Недра, 1975. – 680 с.
3. Неручев С.Г., Рогозина Е.С., Бекетов В.М. и др. Нефтегазообразование в отложениях доманикового типа. – Л.: Недра, 1986. – 247 с.
4. Предтеченская Е.А., Кроль Л.А., Гурари Ф.Г., Сапьяник В.В., Перозо Г.Н., Малюшко Л.Д. О генезисе карбонатов в составе баженовской свиты центральных и юго-восточных районов Западно-Сибирской плиты // Литосфера. – 2006. – № 4. – С. 131–148.
5. Смыслов А.А. Уран и торий в земной коре. – Л.: Недра, 1974. – 231 с.
6. Столбова Н.Ф., Столбов Ю.М. Результаты лито-ядерно-геохимических исследований доманикоидных отложений Западной Сибири / Нефтегазовые ресурсы: сборник научных трудов. Межвузовская научно-техническая программа. – М.: Недра, 1995. – С. 25–36.
7. Столбов Ю.М., Столбова Н.Ф., Фомин Ю.А. О возможности применения методов прикладной ядерной геохимии при изучении процессов наложенного эпигенеза нефтегазоносных осадочных бассейнов // Нефтегазовые ресурсы: сборник научных трудов. Межвузовская научно-техническая программа. – М.: Недра, 1994. – С. 32–39.
8. Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти. – М.: Мир, 1981. – 501 с.

References

1. Goncharov I.V., Krinin V.A., Samojlenko V.V., Oblasov N.V., Fadeeva S.V. *K voprosu o generacionnom potencie jnovstanskoy svity severo-vostoka Zapadnoj Sibiri. Himija nefi i gaza: Sed'maja Mezhdunarodnaja konferencija* (To the ques-

tion of generation capacity Janovstanskaja suite North-East of Western Siberia. Chemistry of oil and gas: the Seventh international conference). Tomsk: Institute of atmospheric optics SB RAS, 2009, pp. 26–30.

2. Kontorovich A.Je., Nesterov I.I., Salmanov F.K. and other. *Geologija nefi i gaza Zapadnoj Sibiri*. (Geology of oil and gas in Western Siberia). M.: Nedra, 1975. 680 p.

3. Neruchev S.G., Rogozina E.S., Beketov V.M. and other. *Neftegazoobrazovanie v otlozhenijah domanikovogo tipa*. (The oil and gas formation in the sediments domanic type). Leningrad: Nedra, 1986. 247 p.

4. E.A. Predtechenskaja, L.A. Krol', F.G. Gurari, V.V. Sap'janik, G.N. Perozio, L.D. Maljushko. *O genezise karbonatov v sostave bаженовской свиты central'nyh i jugo-vostochnyh rajonov Zapadno-Sibirskoj plity*. (On genesis of the carbonates within Bazhenov suite in central and south-eastern regions of West Siberian plate). Lithosphere, no.4, 2006, pp. 131–148.

5. Smyslov A.A. *Uran i torij v zemnoj kore*. (Uranium and thorium in the earth's crust). Leningrad: Nedra, 1974. 231 p.

6. Stolbova N.F., Stolbov Ju.M. *Rezultaty litо-ядерно-геохимических исследований доманикоидных отложений Западной Сибири. Sbornik nauchnyh trudov. Mezhvuzovskaja nauchno-tehnicheskaja programma «Neftegazovye resursy»*. (The results of a lithological, nuclear and geochemical studies Dominican deposits of West Siberia. Collection of scientific works. Interuniversity scientific-technical program «Oil and gas resources»). M.: Nedra, 1995, pp. 36.

7. Stolbov Ju.M., Stolbova N.F., Fomin Ju.A. *O vozmozhnosti primeneniya metodov prikladnoj yadernoj geohimii pri izuchenii processov nalozhennogo jepigenezа нефтегазоносных осадочных бассейнов. Sbornik nauchnyh trudov. Mezhvuzovskaja nauchno-tehnicheskaja programma «Neftegazovye resursy»*. (About the possibility of using methods of applied nuclear Geochemistry in the study of processes imposed epigenesis petroleum-bearing sedimentary basins. Collection of scientific works. Interuniversity scientific-technical program «Oil and gas resources»). M.: Nedra, 1994, pp. 32–39.

8. Tisso B, Vel'te D. *Образование и распространение нефти*. (The formation and distribution of oil). M.: Mir, 1981. 501 p.

Рецензенты:

Серебренникова О.В., д.х.н., профессор, зав. лабораторией, ФБУН «Институт химии нефти» Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск;

Поцелуев А.А., д.г.-м.н., профессор, зав. кафедрой «Общая геология и землеустройство», ФГАОУ ВО НИ ТПУ, г. Томск.

Работа поступила в редакцию 17.10.2014.