

УДК 551.464.679.1:552.578.2.061.3(071.16)

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УРАНА В ОТЛОЖЕНИЯХ ПУР-ТАЗОВСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ОБЛАСТИ (СЕВЕРО-ВОСТОК ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

Исаева Елена Ринатовна,

аспирант, ассистент каф. геологии и разведки полезных ископаемых
Института природных ресурсов Национального исследовательского
Томского политехнического университета, Россия, 634050, г. Томск,
пр. Ленина, д. 30. E-mail: elena_isayeva.89@mail.ru

Столбова Нэля Федоровна,

канд. геол.-минерал. наук, доцент каф. геологии и разведки полезных
ископаемых Института природных ресурсов Национального
исследовательского Томского политехнического университета,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30. E-mail: elena_isayeva.89@mail.ru

Актуальность работы обусловлена необходимостью исследования проблем, связанных с неоднородностью коллекторов, непостоянством их фильтрационно-емкостных параметров, отсутствием связи между проницаемостью и открытой пористостью в зонах аккумуляции углеводородов.

Цель работы: выявить особенности распределения урана в нефтегазоносных отложениях северо-востока Западной Сибири.

Материал и методы исследования. Объектом исследований явились юрско-меловые отложения, вскрытые 7 глубокими скважинами (Ванкорская-11, Северо-Ванкорская-1, Западно-Лодочная-1, Восточно-Лодочная-1, Ичемминская-1, Ячиндинская-1, Северо-Туколандская-1), пробуренными на территории Пур-Тазовской нефтегазоносной области (северо-восток Западной Сибири). Скважинами были вскрыты следующие свиты: танамская K_2tn , салпадаяхинская K_2sl , насоновская K_2ns , дорожковская K_2dr , долганская K_2dl ; яковлевская K_1jak , малохетская K_1mch , суходудинская K_1sd , нижнехетская K_1nch , январьстанская J_3-K_1jan , сиговская J_3sg , точинская J_2-tch , малышевская J_2ml , леонтьевская J_2ln и вымская J_2vm . Для более глубокого понимания процессов, ответственных за формирование емкостных свойств пород в зонах аккумуляции УВ, информативность геофизических методов была уточнена и дополнена с помощью геохимических, минералого-петрографических и битуминологических методов исследования. Геохимические особенности распределения урана изучались по керну и шлему (2330 образцов) представленных скважин. Кроме этого, для выявления корреляционной связи между концентрацией урана и фильтрационно-емкостными параметрами пород использовались данные лабораторных определений проницаемости и открытой пористости.

Результаты. Выявлено, что на изменение фильтрационно-емкостных свойств нефтегазоносных отложений наиболее сильное воздействие оказывают дислокационно-метасоматические процессы, приводящие к образованию неоднородных зон растворения и цементации. Показано, что прогноз зон перспективных коллекторов фактически связан с прогнозом зон интенсивного развития данных процессов. Выявление таких интервалов возможно с помощью закономерностей распределения урана. Перспективные отложения, как правило, характеризуются аномально низкими содержаниями U (менее 1,5 г/т), также наличием эпипитумоидов, признаков растворения и коррозии обломков и цемента. Проведена попытка выявления зон перспективных коллекторов в скважине Ванкорская-11 на основе выделенных геохимических особенностей поведения урана.

Ключевые слова:

Геохимия, уран, углекислотные флюиды, эпигенез, Западная Сибирь.

Для более ясного представления о генезисе продуктивных коллекторов необходимо изучить механизм аккумуляции углеводородов (УВ), а также условия формирования пустотного пространства, учитывая не только седиментационные, но и эпигенетические процессы [1–9].

В настоящее время все больше исследователей приходят к выводу, что существует связь нефтегазоносных месторождений с зонами глубинных разломов, по которым может происходить внедрение флюидов. Северная часть Западно-Сибирской плиты на современном этапе испытывает дифференцированное поднятие [10]. По данным В.А. Кренина изучаемая территория тяготеет к западному борту южной части Худосейской рифтогенной зоны, которая выделяется по гравимагнитным и сейсморазвездочным материалам как линейная надпорядковая тектоническая структура [11]. Эти данные свидетельствуют о наличии дислокационных процес-

сов (проницаемых зон) в исследуемом районе работ, а следовательно, и о возможности внедрения в юрско-меловые отложения глубинных флюидов.

Основными составляющими глубинных флюидов являются углекислый газ, метан, водород и вода. Известно, что в условиях глубин нефтегазообразования [12] вода и углекислота обладают высокой химической активностью, а следовательно, осадочные породы подвержены инфильтрации флюидов, которые находятся в агрессивном сверхкритическом состоянии, и в зависимости от их количества отложения могут быть значительно преобразованы [13].

Однако некоторые исследователи [8, 9] считают, что за многообразие вторичных минералогических изменений ответственны углекислотные флюиды, а также спирты, альдегиды, кетоны и их производные, которые образуются при окислении самих залежей УВ.

В любом случае, при интенсивном воздействии углекислотных флюидов, поступающих с глубины или же образующихся за счет залежей УВ, в осадочных отложениях формируются неоднородные зоны каолинизации, карбонатизации, слюдизации, регенерации кварца, участки растворенных и корродированных пород, т. е. образуются зоны выщелачивания и цементации, эффективные и неэффективные коллектора [6]. Таким образом, инфильтрация флюидов играет определяющую роль в формировании вторичного пустотного пространства.

Известно, что зоны развития углекислотного метасоматоза в проницаемых породах могут быть выявлены по поведению многих микро и макроэлементов, принимающих участие в этих процессах [14]. В данной работе изучение особенностей поведения урана проводилось с помощью ядерно-физического метода исследования [15–18].

Считается, что содержание урана в обломочных породах связано в основном с алюмосиликатной частью породы [15]. Под воздействием растворенной в воде углекислоты исходные алюмосиликаты разрушаются, превращаясь в глинистые минералы [6]. При этом продукты реакций в системе «вода–порода» обеднены ураном. Таким образом, зоны, подверженные интенсивному воздействию дислокационно-метасоматических процессов, фиксируются по наличию отрицательных аномалий урана [15–17].

Выполненные измерения по 7 глубоким скважинам показывают, что определяющее значение в образовании вторичных коллекторов имеет первичный литолого-минералогический состав будущей ёмкости, а также объёмы поступающей в неё CO_2 . Процессы растворения чаще всего приурочены к песчаным, реже к алевролитовым породам кварцево-полевошпатового (олигомиктового) или более сложного полимиктового состава.

Граница между фоновыми и аномальными содержаниями урана в каждой разновидности пород определялась по правилу «трех сигм» для логнормального закона распределения:

$$\bar{X} / \varepsilon^3 > X_{\text{аном.}} > \bar{X} \varepsilon^3,$$

где \bar{X} – среднее геометрическое значение фона; ε – стандартный множитель.

Правая часть уравнения определяет уровень положительных аномалий или зоны накопления урана, а левая часть – уровень отрицательных аномалий или зоны выноса.

В результате статистической обработки выявлено, что для песчаников граница между фоновыми и аномальными значениями находится в пределах $1,46 < 1,88 < 2,47$, для алевролитов – $1,73 < 2,39 < 3,05$ и для аргиллитов – $1,8 < 2,44 < 3,3$. Данные интервалы значений характеризуют неизменные породы.

Пониженные значения урана встречаются в основном в мелко-, среднезернистых разуплотнённых песчаниках (рис. 1) или в зонах вторичной каолинизации (рис. 2). Такие породы наиболее сильно подверглись дислокационно-метасоматическим процессам, что способствовало выносу урана. Осо-

бенностью таких интервалов является наличие эпибитумоидов (0,02–0,06 %), также свидетельствующих о проявлении процессов флюидомиграции. Данные породы по коллекторским свойствам относятся к классам выше III [19] и могут являться продуктивными нефтегазонасыщенными. Мощности интервалов с контрастными отрицательными аномалиями от десятков сантиметров до нескольких десятков метров.

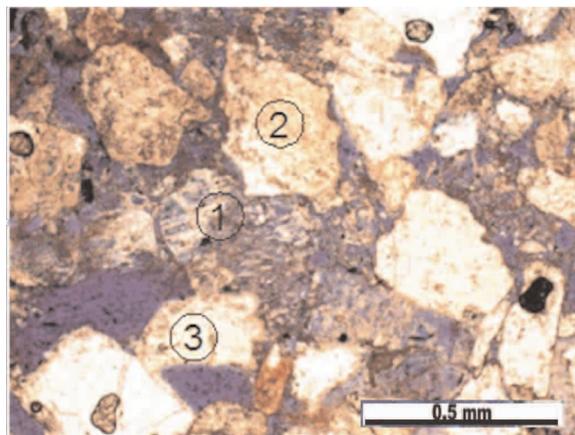


Рис. 1. Интенсивно растворенные обломки полевого шпата (1) и кварца (2, 3) в песчанике с объединенным пустотным пространством. Сква. Хикиглинская-1, яковлевская свита, гл. 2038,0 м. $U=0,71$ г/т. Никולי // Увеличение 10

Fig. 1. Fragments of feldspar (1) and quartz (2, 3) strongly dissolved in sandstone with unified voids. Khiglinskaya-1 well, yakovlevskaya suite, depth 2038,0 m. $U=0,71$ g/t. Nicols // Enlargement 10

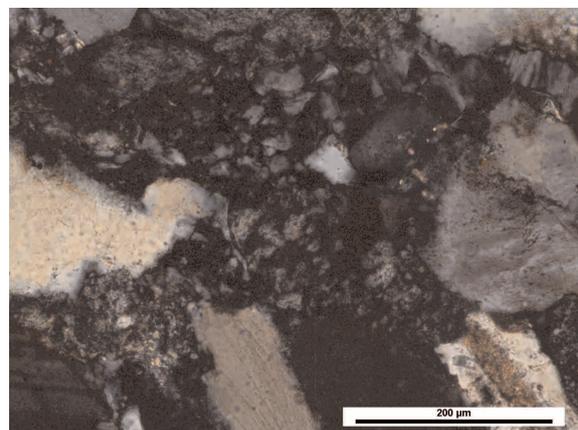


Рис. 2. Вторичная каолинизация цемента в песчанике. Сква. Западно-Лодочная-1, малохетская свита, гл. 2434 м, $U=1,57$ г/т. Никולי x. Увеличение 20

Fig. 2. Secondary kaolinization of cement in sandstone. Zapodno-Lodochnaya-1 well, malokhetskaya suite, depth 2434 m, $U=1,57$ g/t. Nicols x. Enlargement 20

Пониженные содержания урана в меньшей степени характерны и для зон карбонатизации и регенерации кварца. Что указывает на его вынос при данных процессах. Такие зоны выноса урана также могут фиксировать места проявления углекислотного метасоматоза.

При прогнозе пород-коллекторов использованы содержания урана наиболее эффективно при его значении менее 1,5 г/т.

Для выявления корреляционной связи между ураном и фильтрационно-емкостными параметрами были рассчитаны в программе STATISTICA коэффициенты ранговой корреляции Спирмена. Между ураном и коэффициентами пористости (Кпо) и проницаемости (Кпр) наблюдается обратная пропорциональная связь. При этом коэффициенты ранговой корреляции равны $-0,51$ и $-0,52$ соответственно.

В табл. 1 можно проследить, что чем меньше содержание U, тем выше фильтрационно-емкостные параметры нефтегазоносных отложений, а значит отрицательные аномалии (с концентрацией урана до 1,5–1,8 г/т) характерны для пород с повышенной пористостью и проницаемостью.

Преимущественно пониженные концентрации урана характерны для яковлевской, реже суходунинской, малохетской, долганской и нижнехетской свит. В остальных свитах исследуемых юрско-меловых отложений, а именно в танамской, салпадаяхинской, наоновской, дорожковской верхнего мела и сиговской, точинской, малышевской, леонтьевской и вымской свит средней юры отрицательные аномалии урана встречаются реже и с меньшей мощностью и интенсивностью.

Рассмотрим возможность выявления пород-коллекторов с помощью выделенных геохимических критериев на примере скважины Ванкорская-11.

Таблица 1. Зависимость содержания U от средних значений коэффициентов открытой пористости и проницаемости (скв. Западно-Лодочная-1)

Table 1. Dependence of U content on average values of open porosity and permeability ratio (Zapodno-Lodochnaya-1 well)

Уран, г/т Uranium, g/t	Количество проб Sample amount	Кпо, % Cpo, %	Кпр, мД Cpr, mD
0–1	10	17,83	32,71
1–1,5	47	15,72	25,35
1,5–2	68	11,92	17,73
2–2,5	114	5,36	6,23
2,5–3	89	4,59	5,39
3–3,5	15	2,86	2,99
Более 3/More than 3	9	0,48	0,003

По данным геофизических исследований в скважине выделяют следующие наиболее перспективные пласты: Н/Як-III-VII, Нх-I и Нх-III-IV. Перспективность этих интервалов подтверждается геохимическими данными (табл. 2).

Однако, для выделения перспективных отложений, помимо наличия пород-коллекторов (отрицательных геохимических аномалий), необходимо учитывать и наличие флюидопоров, а также генерирующий потенциал нефтематеринских толщ (яновстанской свиты).

Интервалы с концентрацией U, превышающей 3,3 г/т (достигающей 9,93 г/т в скважине Западно-Лодочная-1), т. е. характеризующиеся положительными аномалиями, соответствуют отложе-

Таблица 2. Краткая характеристика пластов-коллекторов и наиболее интенсивных геохимических аномалий по скважине Ванкорская-11

Table 2. Brief characteristic of the reservoir beds and the most intensive geochemical anomalies by the Vankorskaya-11 well

Пласт-коллектор Reservoir bed	Интервал по данным ГИС, м Interval by the data of GIS, m	Мощность, м Power, m	Интервал по данным геохимии, м Interval by the data of geochemistry, m	Уср. г/т (g/t)	Литология Lithology	Тип и содержание битумоидов Type and content of bitumoids	Интервалы и результаты испытаний Intervals and test results
Н/Як-III-VII	1663,9–1725	61,1	1660,7–1700	0,9	Песчаники аркозовые, пористые, слабосцементированные. Корродированные и катаклазированные. С реликтами каолинового цемента Sanstones arkose, porous, poorly cemented. Coordinated and cataclastic. With relics of kaolinite cement	Эпибитумоиды (0,02–0,08 %). Состав изменяется от смолистого до легкого Epi-bitumoids (0,02–0,08 %). Composition changes from resinous to light	Инт. 1662–1668 Qг-59,1 тыс. м ³ /сут. Qн-44,8 м ³ /сут. Инт. 1684–1694 Qг-1,9 тыс. м ³ /сут. Qн-168,3 м ³ /сут.
Нх-I	2652–2667	15	2658,5–2663,5	1,62	Песчаники аркозовые с пустотами выщелачивания. Мономинеральные кальцитовые и каолиновые микропористые цементы. Обломки дробленые и трещиноватые, корродированные. Запах УВ Sanstones arkose with solution cavities. Monomineral calcite and kaolinite microporous cements. Fragments crushed and craced, coordinated. Smell of hydrocarbons	Эпибитумоиды (0,02–0,04 %). Состав от маслянисто-смолистого до маслянистого Epi-bitumoids (0,02–0,04 %). Composition is from oily-resinous to oily	Инт. 2656–2666 Qж-0,37 м ³ /сут.
Нх-III-IV	2775–2822	47	2778,0 2785–2788	1,46			Инт. 2772–2784 Qн-306 м ³ /сут. Qг-52 тыс. м ³ /сут. Qв-2,48 м ³ /сут. с пл. нефти Qв-16,34 м ³ /сут.

ниям доманикового типа [17, 20] или зонам накопления битумов на древних или современных водонефтяных контактах [9, 21]. Кроме этого, высокие значения U характерны также для пород, значительно обогащенных продуктами окисления УВ (рис. 3).

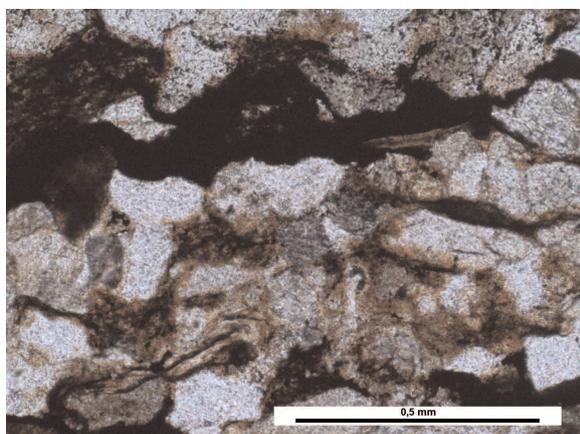


Рис. 3. Песчаник с органическим веществом. Скв. Хикиглинская-1, сиговская свита, гл. 3892 м. Содержание $U=3,47$ г/т. Николы // Увеличение 10

Fig. 3. Sandstone with organic substance. Khikiglinskaya-1 well, sigovskaya suite, depth 3892 m. Content $U=3,47$ g/t. Nicols // Enlargement 10

Как показали исследования, выполненные в СНИИГиМС и ТПУ, уран накапливается керогеном типа-II (сапропелевым ОВ), который образуется при недостатке кислорода в результате органического синтеза металлоорганических геополимеров [17].

По наличию положительных аномалий, их интенсивности и мощности можно условно оценить генерационный потенциал нефтематеринских отложений (яновстанской свиты) [22].

Рассмотрим литогеохимический разрез яновстанской свиты на примере скважины Ванкорская-11 (рис. 4). На рисунке видно, что наиболее интенсивная и мощная положительная аномалия характерна для интервала 3180,0–3230,0 м. Здесь наблюдается повышенное содержание захороненного ураноносного органического вещества (доля ураноносного керогена составляет 0,828 % (гл. 3200,0 м) и 0,669 % (гл. 3205,0 м)). Для таких интервалов характерно наличие битумоидов смешанного типа или синбитумоидов, которые на рис. 4 представлены в виде черных кружочков. При мощности данных отложений, равной 50 м, можно предполагать, что количество нефтегенерирующего ОВ достаточно велико.

Выводы

В результате выполненных работ было показано, что зоны развития эффективных коллекторов,

как правило, характеризуются аномально низкими значениями урана (менее 1,5 г/т). Эта закономерность была положена в основу методики выделения пород-коллекторов в терригенных отложениях Пур-Тазовской НО по литогеохимическим данным.

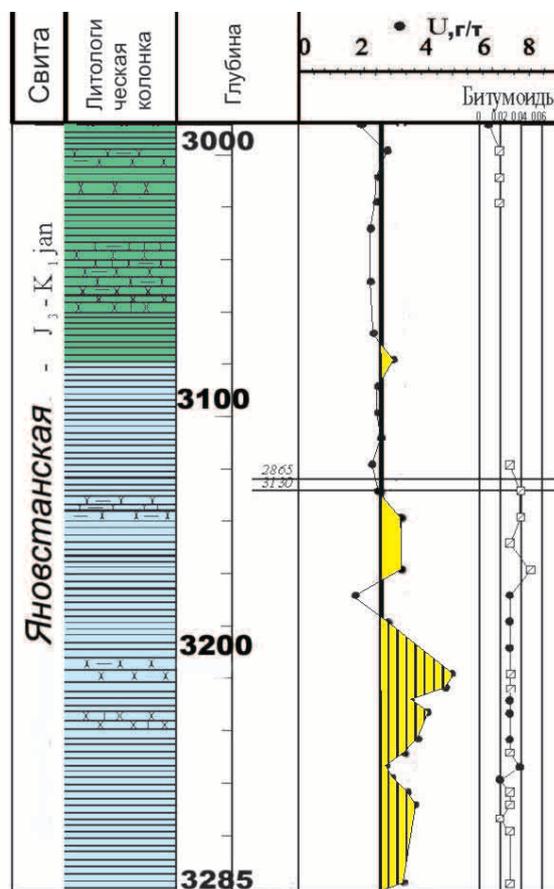


Рис. 4. Литогеохимический разрез яновстанской свиты скважины Ванкорская-11 с распределением урана и битумоидов

Fig. 4. Lithological-geochemical section of yanovstanskaya suite of Vankorskaya-11 well with uranium and bitumoid distribution

С помощью геохимических особенностей распределения урана были выделены следующие наиболее перспективные свиты: долганская K_2dl ; яковлевская K_1jak , малохетская K_1mch , суходундинская K_1sd , нижнехетская K_1nch .

Выделенные с помощью методов ГИС пласты-коллекторы скважины Ванкорская-11 также фиксируются и по геохимическим данным.

Интервалы с повышенным содержанием урана (более 3,3 г/т) соответствуют отложениям доманикового типа и могут условно служить оценкой генерационного потенциала нефтематеринских отложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлин Ю.К., Конюхов А.И., Карнюшина Е.Е. Литология нефтегазоносных толщ. – М.: Недра, 1991. – 286 с.
2. О постседиментационных изменениях в породах юрско-неокомских пластов, их влияние на коллекторские свойства и нефтеотдачу / И.Ю. Вильковская, З.Я. Сердюк, Л.И. Зубарева, Н.В. Кирилова, О.Н. Стефаненко, Е.С. Бубнова // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории: Матер. VII Всерос. литологического совещания. – Новосибирск, 2013. – Новосибирск: ИНГ СО РАН, 2013. – Т. I. – С. 163–167.
3. Каналы восходящей миграции флюидов в зонах заводнения карбонатных коллекторов турнейского яруса / А.А. Ескин, В.П. Морозов, Э.А. Королёв, А.Н. Кольчугин // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории: Матер. VII Всерос. литологического совещания. – Новосибирск, 2013. – Новосибирск: ИНГ СО РАН, 2013. – Т. I. – С. 298–301.
4. Ильясова Е.Н., Сахибгареев Р.С. Влияние условий формирования нефтяных залежей на степень изменения полевых шпатов // Влияние вторичных изменений пород осадочных комплексов на их нефтегазоносность. – Л.: Изд-во ВНИГРИ, 1982. – С. 94–103.
5. Коноваленко С.И., Недоливо Н.М. Возможность использования минералогической информации для решения прикладных задач нефтяной геологии // Природокомплекс Томской области: межвузовская региональная научно-техническая программа «Природокомплекс». – Томск: Изд-во ТГУ, 1990. – С. 34–38.
6. Лебедев Б.А. Геохимия эпигенетических процессов в осадочных бассейнах. – Л.: Недра, 1992. – 239 с.
7. Прошляков Б.К. Вторичные изменения терригенных пород-коллекторов нефти и газа. – М.: Недра, 1974. – 232 с.
8. Сахибгареев Р.С. Изменение коллекторов на водонефтяных контактах // Доклады АН СССР. – 1983. – Т. 271. – № 6. – С. 1456–1460.
9. Сахибгареев Р.С. Вторичные изменения коллекторов в процессе формирования и разрушения нефтяных залежей. – Л.: Недра, 1989. – 260 с.
10. Тектоническая история Сибирской платформы в венде-фанеразое / А.Н. Никишин и др. // Вестник Московского университета. Сер. 4, Геология. – 2010. – № 1. – С. 3–16.
11. Кринин В.А. Тектоника фундамента и оценка ресурсов нефти юрскомеловых отложений северо-востока Западно-Сибирской плиты в пределах Красноярского края // Горные ведомости. – 2011. – № 9 (88). – С. 16–24.
12. Лифшиц С.Х. Роль глубинных флюидов в формировании и генезисе газонефтяных залежей // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы: Матер. Всерос. конф. – Москва, 2008. – М.: Геос, 2008. – С. 278–281.
13. Предтеченская Е.А. Влияние CO₂-содержащих гидротермальных растворов на коллекторские свойства глубокозалегающих песчаных пород (по экспериментальным данным) // Известия Томского политехнического университета. – 2002. – Т. 305. – № 8. – С. 62–70.
14. Справочник по геохимии / Г.В. Войткевич, А.В. Кокин, А.В. Мирошников, В.Г. Прохоров. – М.: Недра, 1990. – 480 с.
15. 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: сб. научных трудов НТП. – М.: Изд-во ГАНГ им. И.М. Губкина, 1994. – С. 32–40.
16. Шалдыбин М.В., Столбов Ю.М., Фомин Ю.А. Литогеохимия как резерв повышения эффективности поисково-разведочных работ на нефть и газ в Томской области // Перспективы нефтегазоносности слабоизученных комплексов отложений юго-востока Западно-Сибирской плиты. Палеозой. Нижняя-средняя юра: Тез. докл. науч.-практ. конф. – Томск: Томскгеолком, 1995. – С. 65–67.
17. Столбова Н.Ф., Фомин Ю.А., Столбов Ю.М. Некоторые вопросы прикладной геохимии урана нефтяных месторождений. – Томск: Томск. полит. ин-т, 1988. – 15 с. Деп. в ВИЭМС 17.02.88. 536-мг88. Депонир. рук. № 536-МГ ВИЭМС, 1988. – 16 с.
18. Binney S.E., Sherpelz R.J. Review of delayed fission neutron technique // Nuclear Instruments and Method. – 1978. – № 3. – P. 413–431.
19. Ханин А.А. Породы-коллекторы нефти и газа нефтегазоносных провинций СССР. – М.: Недра, 1973. – 304 с.
20. Неручев С.Г. Уран и жизнь в истории Земли. – Л.: Недра, 1982. – 206 с.
21. Пеньков В.Ф. Уран и углеводороды. – М.: Недра, 1989. – 144 с.
22. Столбова Н.Ф., Исаева Е.Р. Литолого-геохимические особенности отложений яновстанской свиты Ванкорской площади // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–4. – С. 826–831.

Поступила 18.05.2015 г.

UDC 551.464.679.1:552.578.2.061.3(071.16)

GEOCHEMICAL FEATURES OF URANIUM DISTRIBUTION IN SEDIMENTS OF PUR-TAZOVSKY OIL-AND-GAS AREA (NORTHEAST OF WESTERN SIBERIA)

Elena R. Isaeva,

Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia.

E-mail: elena_isayeva.89@mail.ru

Nelya F. Stolbova,

Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia.

E-mail: elena_isayeva.89@mail.ru

The relevance of the discussed issue is caused by the necessity to solve the problems associated with the heterogeneity of the reservoir, with the impermanence of filtration-capacity parameters, with the absence of a relationship between permeability and open porosity, to identify effectively oil and gas deposits.

The main aim of the work is to allocate the features of uranium distribution in oil-and-gas deposits in northeast of Western Siberia.

The material and methods used in the study. To understand the pressing issues on the study of hydrocarbons accumulation it is necessary to clarify and supplement the information content of geophysical methods with geochemical (nuclear physics), mineralogical-petrographic and other methods of research. The authors use the laboratory data permeability and open porosity, in conjunction with geochemical indicators of the uranium distribution to identify dependencies between them. The object of the research is a Jurassic-Cretaceous sediments (2330 samples), opened by seven deep wells drilled in the North-East of the West Siberian plate, on-site Pur-Tazovskoy oil-and-gas-bearing area.

The results. It is revealed that the change of porosity and permeability of hydrocarbon deposits are affected most of all by dislocation and metasomatic processes, which result in formation of heterogeneous zones of dissolution and cementation. The prediction of prospective collector areas is actually associated with the prediction of zones of intensive development of these processes. It is possible to identify such intervals with the help of uranium distribution regularities. The prospective deposits are characterized, as a rule, by extremely low U contents (less than 1,5 g/t), the presence of epibitumens, signs of dissolution and corrosion of rubble and cement. The authors attempted to identify the areas of prospective reservoirs in the well Vankor-11 based on uranium geochemical behavior.

Key words:

Geochemistry, uranium, carbon dioxide fluids, epigenesis, Western Siberia.

REFERENCES

1. Burlin Yu.K., Konyukhov A.I., Karnyushina E.E. *Litologiya neftegazonosnykh tolshch* [Lithology of oil-and-gas fields]. Moscow, Nedra Publ., 1991. 286 p.
2. Vilkovskaya I.Yu., Serdyuk Z.Ya., Zubareva L.I., Kirilova N.V., Stefanenko O.N., Bubnova E.S. O postsedimentatsionnykh izmeneniyakh v porodakh yursko-neokomskikh plastov, ikh vliyaniye na kollektorskiye svoystva i nefteotdachu [On postsedimentary changes in rocks of the Jurassic-Neocomian strata, their influence on reservoir properties and oil recovery]. *Materialy VII vserossiyskogo litologicheskogo soveshaniya «Osadochnye basseyny, sedimentatsionnyye i postsedimentatsionnyye protsessy v geologicheskoy istorii»* [Materials of VII All-Russia Conference of lithologists. Sedimentary basins, sedimentary and post-sedimentary processes in geological history]. Novosibirsk, 2013. Novosibirsk, INGG SO RAN Press, 2013. Vol. I, pp. 163–167.
3. Eskin A.A., Morozov V.P., Korolev E.A., Kolchugin A.N. Kanalny voskhodyashchey migratsii flyuidov v zonakh zavodneniya karbonatnykh kollektorov turneyskogo yarusa [The channels of upward migration of fluids in the areas of water flooding of carbonate reservoirs of tournaisian tier]. *Materialy VII vserossiyskogo litologicheskogo soveshaniya «Osadochnye basseyny, sedimentatsionnyye i postsedimentatsionnyye protsessy v geologicheskoy istorii»* [Materials of VII All-Russia Conference of lithologists. Sedimentary basins, sedimentary and post-sedimentary processes in geological history]. Novosibirsk, 2013. Novosibirsk, INGG SO RAN Press, 2013. Vol. I, pp. 298–301.
4. Ilyasova E.N., Sakhibgareev R.S. Vliyaniye usloviy formirovaniya neftyanykh zalezhey na stepen izmeneniya polevykh shpatov [Influence of conditions of oil deposits formation on the extent of feldspars alteration]. *Vliyaniye vtorichnykh izmeneniy porod osadochnykh kompleksov na ikh neftegazonosnost* [Influence of secondary alteration of rocks on their petroleum potential]. Leningrad, VNIIGRI Press, 1982. pp. 94–103.
5. Konovalenko S.I., Nedolivko N.M. Vozmozhnost ispolzovaniya mineralogicheskoy informatsii dlya resheniya prikladnykh zadach neftyanoy geologii [Possibility of using mineralogical information to solve the applied problems oil geology]. *Sbornik statey: Prirodokompleks Tomskoy oblasti* [A collection of articles: Natural complex of Tomsk region]. Tomsk, TGU Press, 1990. pp. 34–38.
6. Lebedev B.A. *Geokhimiya epigeneticheskikh protsessov v osadochnykh basseynakh* [Geochemistry of epigenetic processes in sedimentary basins]. Leningrad, Nedra Publ., 1992. 239 p.
7. Proshlyakov B.K. *Vtorichnyye izmeneniya terrigennykh porod-kollektorov nefti i gaza* [Secondary changes of terrigenous reservoir rocks of oil and gas]. Moscow, Nedra Publ., 1974. 232 p.
8. Sakhibgareev P.C. Izmeneniye kollektorov na vodoneftyanykh kontaktakh [The change of oil-water contact reservoirs]. *Doklady AN SSSR*, 1983, vol. 271, no. 6, pp. 1456–1460.
9. Sakhibgareev R.S. *Vtorichnyye izmeneniya kollektorov v protsesse formirovaniya i razrusheniya neftyanykh zalezhey* [Secondary changes of collectors at formation and destruction of oil deposits]. Leningrad, Nedra Publ., 1989. 260 p.
10. Nikishin A.N. Tektonicheskaya istoriya Sibirskoy platformy v vende-fanerazoe [Tectonic history of the Siberian platform in the Vendian and the Phanerozoic]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 4, Geologiya*, 2010, no. 1, pp. 3–16.
11. Krinin V.A. Tektonika fundamenta i otsenka resursov nefti yur-skomelovykh otlozheniy severo-vostoka Zapadno-Sibirskoy plity v predelakh Krasnoyarskogo kraya [Tectonics of the basement and evaluation of oil resources the Jurassic and Cretaceous sedi-

- ments of the North-East of the West Siberian plate within Krasnoyarsk territory]. *Gornye vedomosti*, 2011, no. 9 (88), pp. 16–24.
12. Lifshits S.Kh. Rol glubinykh flyuidov v formirovani i genezise gazoneftnykh zalezhey [The role of deep fluids in formation and genesis of petroleum deposits]. *Degazatsiya Zemli: geodinamika, geoflyuidy, neft, gaz i ikh paragenezy. Materialy Vserossiyskoy konferentsii* [Degassing of the Earth: geodynamics, geofluids, oil, gas and their parageneses. Proc. All-Russian Conf]. Moscow, 2008. Moscow, Geos Publ., 2008. pp. 278–281.
 13. Predtechenskaya E.A. Vliyaniye CO₂-soderzhashchikh gidrotermalnykh rastvorov na kollektorskie svoystva glubokozalegayushchikh peschanykh porod (po eksperimentalnym dannym) [Effect of CO₂-bearing hydrothermal solutions on reservoir properties of deep sandy rocks (on experimental data)]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic university*, 2002, vol. 305, Iss. 8, pp. 62–70.
 14. Voytkovich G.V., Kokin A.V., Miroshnikov A.V., Prokhorov V.G. *Spravochnik po geohimii* [Handbook of Geochemistry]. Moscow, Nedra Publ., 1990. 480 p.
 15. Stolbov Yu.M., Stolbova N.F., Fomin Yu.A. O vozmozhnosti primeneniya metodov prikladnoy yadernoy geokhimii pri izuchenii protsessov nalozhennogo epigeneza neftegazonosnykh osadochnykh basseynov [The possibility of using methods of applied nuclear geochemistry when studying the imposed epigenesis of petroleum-bearing sedimentary basins]. *Neftegazovye resursy. Sbornik nauchnykh trudov* [Oil and gas resources. Scientific papers]. Moscow, Nedra Publ., 1994. pp. 32–39.
 16. Shaldybin M.V., Stolbov Yu.M., Fomin Yu.A. Litogeokhimiya kak rezerv povysheniya effektivnosti poiskovo-razvedochnykh rabot na neft i gaz v Tomskoy oblasti [Lithochemical as a reserve for increasing the efficiency of exploration for oil and gas in Tomsk region]. *Perspektivy neftegazonosnosti slaboizuchennykh kompleksov otlozheniy yugo-vostoka Zapadno-Sibirskoy plity. Paleozoy. Nizhnaya-srednyaya yura: Tezisy dokladov nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Petroleum prospects of poorly-studied complexes deposits in the South-East of the West Siberian plate. The Paleozoic. Lower-middle Jurassic. Abstracts of scientific-practical conference]. Tomsk, 1995. Tomsk, Tomskgeolkom Publ., 1995. pp. 65–67.
 17. Stolbova N.F., Fomin Yu.A., Stolbov Yu.M. *Nekotorye voprosy prikladnoy geokhimii urana neftyanykh mestorozhdeniy* [Some issues of applied uranium geochemistry of oil fields]. Tomsk, Tomsk. Polytechnic Institute, 1988. 15 p. Dep. v VIEMS 17.02.88. 536-mg88. Deponir. ruk. № 536-MG VIEMS, 1988. 16 p.
 18. Binney S.E., Sherpelz R.J. Review of delayed fission neutron technique. *Nuclear Instruments and Methods*, 1978, no. 3, pp. 413–431.
 19. Khanin A.A. *Porody-kollektory nefti i gaza neftegazonosnykh provintsiy SSSR* [Oil and gas rock-collectors of oil-and-gas bearing provinces in the USSR]. Moscow, Nedra Publ., 1973. 304 p.
 20. Neruchev S.G. *Uran i zhizn v istorii Zemli* [Uranium and life in Earth's history]. Leningrad, Nedra Publ., 1982. 206 p.
 21. Penkov V.F. *Uran i uglevodorody* [Uranium and hydrocarbons]. Moscow, Nedra Publ., 1989. 144 p.
 22. Stolbova N.F., Isaeva E.R. Litologo-geokhimicheskie osobennosti otlozheniy yanovstanskoy svity Vankorskoy ploshchadi [Lithological and geochemical features of yanovstanskaya suite sediments (Vankor Area)]. *Fundamentalnye issledovaniya*, 2014, no. 11–4, pp. 826–831.

Received: 18 May 2015.