

## ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ ОБЪЕКТЫ НЕТРАДИЦИОННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ НА ТЕРРИТОРИЯХ ТАТАРСТАНА И КАЗАХСТАНА

Р.З. Мухаметшин<sup>1</sup>, Д. Нуkenов<sup>2</sup>, С.А. Пунанова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Казанский федеральный университет, ул. Кремлевская, 18, Казань, 420008, Россия, e-mail: geoeng111@yandex

<sup>2</sup>Независимый эксперт Центральной комиссии по разведке и разработке полезных ископаемых Министерства нефти и газа республики Казахстан, Актау, Казахстан, e-mail: nukenov\_d@mail.ru

<sup>3</sup>Институт проблем нефти и газа РАН, ул. Губкина, 3, Москва 119333, Россия, e-mail: punanova@mail.ru

Настоящее сообщение посвящено проблемам комплексного использования нетрадиционных ресурсов углеводородного сырья – природных битумов и тяжелых нефтей. На территориях Татарстана и Казахстана значительная часть скоплений углеводородов в верхних горизонтах осадочного разреза относится к категории нетрадиционных ресурсов с высоким содержанием металлов, особенно ванадия и никеля, которые в нефтях ассоциируют с асфальтово-смолистыми компонентами. Исследован состав этих нетрадиционных источников углеводородного сырья – тяжелых нефтей и природных битумов, имеющих широкое распространение на месторождениях Татарстана и Казахстана. Выявлены их характерные особенности, используемые для оценки товарных качеств углеводородного сырья, обогащенного промышленно значимыми, но токсичными металлами. Обращено внимание исследователей на необходимость комплексного подхода к изучению промышленно ванадиеносных нафтидов, приведены некоторые современные методы извлечения из них металлов.

**Ключевые слова:** природные битумы и тяжелые нефти, нафтиды, микроэлементы.

Нехватка топливно-энергетических и сырьевых ресурсов в связи с истощением запасов нефти в основных нефтедобывающих регионах ставит перед геологами актуальную проблему поисков и оценки альтернативных источников углеводородов (УВ). Природные битумы (ПБ) и тяжелые высоковязкие нефти, как правило, обогащенные металлами, относятся к нетрадиционным источникам углеводородного сырья. Основной принцип отнесения этой группы нафтидов к нетрадиционным – отсутствие или неразвитость технологий, обеспечивающих их рентабельное освоение. Часть данной группы – тяжелые нефти, они учтены в традиционных ресурсах, однако в преобладающем объеме вместе с битумами составляют неучтенный резерв ресурсов углеводородного сырья. Тяжелые нефти интенсивно и успешно осваиваются во всем мире. В США целенаправленное и результативное изучение нетрадиционных источников УВ начали вести еще в 1950–1960 гг., а Канада в 2002 г. ввела в мировой реестр запасов 24,1 млрд т синтетической нефти, добываемой в битуминозных песках Атабаски и смежных с нею битумных полях. В России исследованиям долгое время особого внимания не уделялось. В то же время многие исследователи, в том числе специалисты ВНИГРИ [1], считают, что главной сырьевой базой поддержания и возможно даже наращивания нефтедобычи в России, а также в Казахстане могут стать уже освоенные нефтегазоносные регионы с развитой инфраструктурой и падающей добычей, но с достаточно значительными резервами неосвоенных трудноиз-

влекаемых и нетрадиционных ресурсов углеводородного сырья.

При разработке месторождений нефти, содержащей повышенные концентрации металлов, в частности ванадия, необходимо учитывать технологический, экологический и промышленно-сырьевой аспекты.

*Технологический аспект* связан с тем, что ванадийсодержащие нефти вызывают усиленную коррозию обсадных труб, нефтепроводов, резервуаров, нефтеперегонных установок. Ванадий, содержащийся в нефтях, снижает активность и селективность катализаторов, применяемых при нефтепереработке. Не меньший ущерб приносит ванадий, переходящий из нефти в нефтепродукты. При сгорании ванадийсодержащих топлив в двигателях, котельных установках срок эксплуатации их заметно снижается.

*Экологический аспект* обусловлен тем, что многие металлы, содержащиеся в нефтях, – V, Cd, As, Hg и др., относятся к высокотоксичным элементам; попадая в атмосферу, гидросферу и на поверхность земли, они оказывают негативное влияние на растительные и живые организмы. В частности, ванадий относится к первому классу продуктов экологической опасности.

*Промышленно-сырьевой аспект* связан с большой значимостью для промышленности таких металлов, как V, Ni, Ti и др.

Незначительные добавки ванадия резко повышают твердость, вязкость, износостойкость, сопротивление усталости стали. Применяется ванадий в самолетостроении, ракетостроении, атомной

промышленности, космической технике, электронном приборостроении, медицине.

Крупнейшие и гигантские месторождения тяжелых нефтей и ПБ в Западной Канаде, Восточной и Западной Венесуэле, а также в США и других регионах сформировались в результате вторичных изменений нефтей при восходящей миграции флюидов в зоне гипергенеза. Полученные в результате исследований данные свидетельствуют о большой роли гипергенеза в накоплении и перераспределении микроэлементов (МЭ) в нафтидах. Скопления нафтидов, подвергшихся процессам гипергенного преобразования, часто содержат V и Ni в промышленных концентрациях, поскольку в них наблюдается вторично обогащение микроэлементами (в США и Канаде соединения ванадия получают из зольных остатков после сжигания мазутов), в результате которого возникли металлогенические нефтегазоносные провинции ванадиевого типа [9].

Наиболее измененные нефти встречаются в зонах активного водообмена (на водонефтяных контактах) и на относительно небольших глубинах. Одним из распространенных гипергенных процессов является анаэробное окисление, протекающее в нефтяном пласте при наличии в пластовых водах бактерий, способных к восстановлению кислородсодержащих соединений (сульфатов, нитратов и оксидов других соединений), а также при существовании специфических бактерий, потребляющих УВ и изменяющих углеводородный состав флюида (изотопные данные подтверждают бактериальную активность в зоне гипергенеза). При этом в первую очередь деградируются *n*-парафины, затем изопреноиды, реже низкомолекулярные нафтены, а неуглеводородные компоненты — смолы и асфальтены, накапливаются, образуя низкопарафинистую, более тяжелую высоковязкую и сернистую нефть. В зоне гипергенеза под действием перечисленных процессов изменяются не только физико-химические свойства нафтидов и их углеводородный состав, но и содержания МЭ и их соотношения.

В связи с потерей легких фракций в нафтидах значительно возрастает абсолютная концентрация элементов, связанных со смолисто-асфальтеновыми компонентами, — V, Ni, Co, Mo, Cr, Cu и др.; выявляется резкое увеличение содержаний МЭ в жильных асфальтитах сравнительно с асфальтами. Кроме того, гетероатомные компоненты нафтидов, контактирующих с маломинерализованными пластовыми водами в зоне гипергенеза, способны сорбировать из вод такие МЭ с переменной валентностью, как V, Fe, U. В результате экспериментальных исследований по взаимодействию нефтей с водами низкой минерализации, что характерно для зон гипергенеза, обнаружилось вымывание из нефтей одних элементов (Zn)

и поглощение ими из контактирующих вод других (концентрации новообразованных V и Fe увеличивались в 1,3–12 раз). Увеличение концентрации V в нефтях происходит особенно интенсивно в присутствии H<sub>2</sub>S и элементарной S. Вследствие этих преобразований в гипергенно измененных нефтях может значительно возрасти (до 15–20) отношение V/Ni [10].

Залежи вторично измененных нефтей встречаются в широком стратиграфическом диапазоне (верхний протерозой — неоген) нефтегазовых бассейнов различного геоструктурного типа. В зависимости от тектонической активности региона, перепада глубин залегания вмещающих отложений (от 3000 м до обнажения), особенностей контактирующих с залежью пластовых вод существенно изменяется ряд последовательных стадий окисления нафтидов: от легких нефтей к тяжелым (месторождения Мара, Западная Мара), от тяжелых нефтей к асфальтитам, от малых к керитам (месторождение Бемоланга). Это влечет за собой цепочку согласованных изменений состава МЭ и УВ. В частности, V, Ni и U накапливаются в САК тяжелых нефтей как на стабильных участках древних платформ (Восточно-Европейская, Северо-Американская, где залежи наиболее часто приурочены к коллекторам палеозойского возраста (P–C), так и в тектонически подвижных молодых (MZ–KZ) прогибах, примыкающих к шитам (Ориноко, Маракаибский бассейн) при орогенических движениях и существенной перестройке структурных планов (табл. 1).

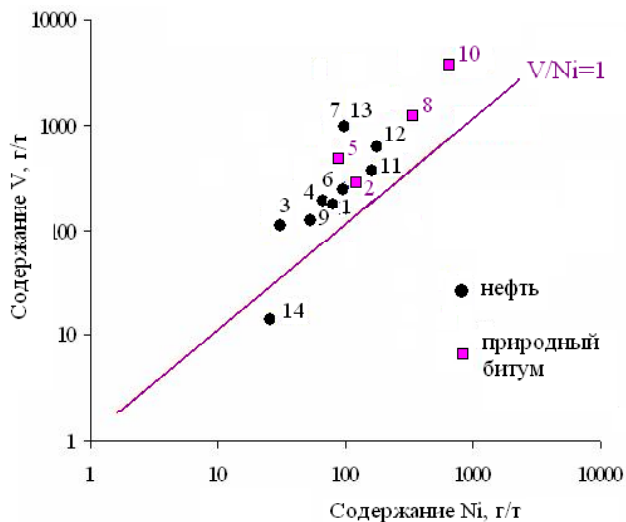
Типизация нефтей по содержанию “биогенных” элементов (V, Ni, Fe) и физико-химическим свойствам (плотности, содержанию смол, асфальтенов и серы) выявила существенные различия гипергенно измененных нефтей в общем цикле нафтидогенеза. Они выделены нами в самостоятельный класс и являются нафтидами, вторично обогащенными МЭ (рисунок).

По данным И.Я. Яценко [12], к настоящему времени среднегодовой суммарный объем производства трудноизвлекаемой нефти в мире приближается к 500 млн т, а накопленная добыча превышает 14 млрд т. На территории России запасы высоковязких нефтей (кинематическая вязкость более 35 мм<sup>2</sup>/с) составляют 7,3 млрд т, большая часть их сосредоточена в Республиках Коми, Татарстан и в Тюменской области. В Волго-Уральском регионе находится 61 % тяжелой нефти, что составляет около 38 % суммарных ресурсов тяжелой нефти России. За счет разработки месторождений тяжелой нефти Россия могла бы получать ежегодно до 25–30 млн т нефти дополнительно. Значительны ресурсы тяжелой нефти в Казахстане.

На территории России основные перспективы освоения месторождений ПБ связаны в основном

Таблица 1. Основные регионы развития гипергенно преобразованных нефтяных, обогащенных ванадием и никелем, и их тектоническая привязка

Нефтегазовые бассейны (НГБ), нефтегазовые области (НГО) и структуры	Основные области и месторождения последовательного нефте- и битумонакопления; возраст продуктивного горизонта	Гипергенный ряд нефтяных как результаты миграции	Литературный источник	Концентрации микроэлементов, г/т		Тектоническая характеристика региона
				V	Ni	
Западно-Канадский	Вабаска, Атабаска; K <sub>1</sub>	Нефть, тяжелая нефть, мальта	Evans et al., 1971; Bailey et al., 1973; Reed 1974, 1977; Усп et al., 1975; Depaison, 1977; Деру и др., 1980; Гольдберг, 1981, 1998; Грибков, 1989; Якудени, 2005; Суханов, Петрова, 2008	168	80	Древние платформы (краевые системы платформ, граничащие с выходами фундамента или примыкающие к складчатым областям)
Ююнга-Пайсен (США, штат Юта), Скалистых гор	Асфальт-Ридж, Уайт-Рокс; P-1, J <sub>2</sub> , K <sub>1</sub> -P <sub>2</sub>	Мальта, асфальт		110	30	
Восточно-Венесуэльский (Ориноковский)	Офисина, Темблатор, Герро-Петро; K, P <sub>3</sub> , N <sub>2</sub>	Мальта, асфальт		470	90	
Тимано-Печорский	Ижемское, Усинское, Ярегское; D, C, P	Нефть, тяжелая нефть, мальта	Пуанова, Чахмахчев, 1992; Якудени, 2005; Октова, 2006	240	170	
Волго-Уральский, Южно-Татарский свод, Мелекесская впадина	Апальчинское, Сулуплинское; C <sub>1</sub> , P <sub>1</sub> , P <sub>2</sub>	Нефть, высоковязкая нефть, мальта, асфальт	Каюкова и др., 1999, 2009; Якудени, 2005; Мухаметшин, Пуанова, 2009, 2012, 2013	1162	124	
Лено-Гунгусский, Лено-Алданская, Оленекский свод	Оленекское; PR <sub>2</sub> , J <sub>1</sub> , венд-кембрий, P	Мальта, асфальт, асфальтит	Каширцев и др., 1993, 1999, 2001, 2006; Баженова Т.К. и др., 2006, Баженова О.К. и др., 2006; Белинкин, 2006; Арчegov и др., 2006; Поляков и др., 2011	124	54	
Мадагаскарский (о-в Мадагаскар)	Бемолапта; J <sub>1</sub>	Асфальтовая нефть, асфальт	Rullkotter, Wendisch, 1982	Нет данных	Нет данных	
Южно-Мангылацкая, Бузачинский свод	Сев. Бузачи, Каражанбас; J <sub>2</sub> , K <sub>1</sub>	Нефть-тяжелая нефть – очень тяжелая нефть	Нукенов и др., 2001; Нукенов, 2012; Пуанова, Мухаметшин, Нукенов и др., 2013	70-384	50-164	Эпипалеозойские молодые платформы
Сурхан-Вахпский Афгано-Гаджикская впадина	Учкзыл, Кошкар; P <sub>1</sub> , бухарский шпаст	Нефть-тяжелая – очень тяжелая нефть, битум	Пуанова, Сафранов, 1993	570	170	Впадины эпиплатформенных орогенов
Западно-Венесуэльский (Маракаибский)	Западная Мара, Мара, Ботакеро; K, P, N	Нефть-тяжелая нефть – очень тяжелая нефть	Грибков, 1989; Lopez, Monaco et al., 1995; Якудени, 2005	1000	96	Межскладчатые области, альпийские подвижные пояса



Содержания ванидия в гипергенно преобразованных нефтях и природных битумах (ПБ). Усредненные данные по нефтегазоносным бассейнам (НГБ) и провинциям (НГП): 1 – Западно-Канадский НГБ; 2 – Западно-Канадский НГБ (ПБ); 3 – НГБ Скалистых гор; 4 – Восточно-Венесуэльский (Ориноковский); 5 – Восточно-Венесуэльский (Ориноковский) (ПБ); 6 – Тимано-Печорская НГП; 7 – Волго-Уральская НГП; 8 – Волго-Уральская НГП (ПБ); 9 – Лено-Тунгусский НГБ; 10 – Лено-Тунгусский НГБ (ПБ); 11 – Южно-Мангышлакская НГО; 12 – Сурхан-Вахшский НГБ; 13 – Западно-Венесуэльский (Маракайбский) НГБ; 14 – НГБ Потигуар (Бразилия)

с пермскими отложениями центральных районов Урало-Поволжья, где по состоянию изученности месторождений битумов в РФ ведущее место занимает Республика Татарстан (РТ): если по оценкам Э.М. Халимова и Н.В. Колесниковой (1997), сырьевая база ПБ и высоковязких (сверхвязких) нефтей в стране составляет 20,6 млрд т, в том числе на категорию разведанных ( $C_1$ ) запасов ПБ приходится 279,5 млн т, предварительно оцененных ( $C_2$ ) – 790,5 млн т, то значительная часть последних в виде скоплений так называемой сверхвязкой нефти (соответственно 93,6 и 87,6 %) сосредоточена на месторождениях республики. Исходя из имеющихся на сегодня представлений, для геологических исследований в РТ можно было бы использовать приоритетные для освоения ресурсы сверхвязкой нефти и природных ресурсов в объеме 1,5–2,0 млрд т [2].

Битумоносные толщи на территории РТ наиболее исследованы в районах западного склона

Южно-Татарского свода и восточного борта Мелекесской впадины [3, 4], а также Ульяновской и Самарской областей РФ (табл. 2). Скопления битумов приурочены в подавляющем большинстве к отложениям пермского возраста и залегают обычно на глубинах до 350–400 м. Среди битумоносных площадей по физическим свойствам и химическому составу встречаются сверхвязкие нефти (Ашальчинское месторождение), но в большинстве своем это мальты (Мордово-Кармальское месторождение), мальты-асфальты (Сугушлинская залежь), асфальты (Горское месторождение, Аканская залежь), асфальт-асфальтиты (Шугуровское, Спиридоновское месторождения).

Нефти Бузачинского свода Туранской платформы (плиты) на территории Республики Казахстан также являются по всем показателям гипергенно измененными. Независимо от приуроченности к различным горизонтам они характеризуются как тяжелые (0,920–0,940 г/см<sup>3</sup>), высокоциклические, высокосмолистые (18–30 %), сернистые (до 2 %), высоковязкие (до 500 мПа·с), с температурой застывания – 20–27 °С), недонасыщенные газом в пластовых условиях. Эти параметры возрастают от сводовой части структур к контурам залежей. Особенность нефтей – повышенное содержание микроэлементов. Количественная характеристика МЭ и физико-химические свойства исследованных нефтей месторождений Северные Бузачи и Каражанбас приведены в табл. 3 [6, 7]. Содержания V и Ni в этих тяжелых нефтях имеют промышленное значение.

Несмотря на многолетние исследования, проблема извлечения ванадия из сырой нефти до настоящего времени не решена. Эффективность его извлечения и других МЭ (помимо их содержания) зависит от многих факторов (масштабов переработки нефти, степени концентрирования и извлечения МЭ в побочные продукты и др.). Предложено немало способов извлечения ванадия из нефти – коксование, экстракция, выделение неорганическими и органическими соединениями, его сорбция на органических и неорганических сорбентах, сорбционно-каталитический, каталитический, электрохимический, извлечение из некоторых побочных продуктов нефтепереработки и др. [11].

Таблица 2. Усредненная характеристика микроэлементного состава нефтей Башкортостана и Татарстана [3, 4]

Регион	Тектонический элемент	Возраст	Содержание в нефти			V/Ni
			V, г/т	Ni, г/т	S, %	
Башкортостан	Южно-Татарский свод, Бирская седловина, Башкирский свод	P <sub>1</sub>	16,3	10,5		1,6
		C <sub>1v</sub> –C <sub>2</sub>	65,1	33	2,8	1,6
		D <sub>3fr</sub> –C <sub>1t</sub>	83,5	32,3	2,4	2,5
		D <sub>2g</sub>	41,5	17,9		2,3
Татарстан	Мелекесская впадина	C <sub>1-2</sub>	500,2	82	3,8	6,1
		D <sub>3</sub>	147	34	2,6	4,3
	Южно-Татарский свод	C <sub>1-2</sub>	250	57	4,7	4,4
		D <sub>3</sub>	70	34	1,6	2,1

Таблица 3. Микроэлементный состав и физико-химические свойства нефтей месторождений Бузачинского свода

Месторождение	Номер скважины	Возраст	Глубина, м	Физико-химические свойства		
				Плотность, г/см <sup>3</sup>	Содержание серы, %	Смолы + асфальтены, %
Северные Бузачи	35	J <sub>2</sub>	470	0,940	1,9	24,4
Каражанбас	108	J <sub>2</sub>	370	0,920	1,5	20,1
	206	K <sub>1</sub>	267	0,920	1,7	21,2

Месторождение	Номер скважины	Содержание микроэлементов, г/т						V/Ni
		Fe	V	Ni	Cr	Cu	Mn	
Северные Бузачи	35	660	240	29	3,8	2,2	1,3	8,3
Каражанбас	108	450	70	45	2,4	0,8	0,1	1,5
	206	1300	190	130	8,5	0,3	0,5	1,5

Выбор оптимальной технологии получения товарных соединений особо ценных МЭ из нефтяных соединений зависит от многих факторов: их исходного содержания, их извлечения и концентрирования в побочных процессах использования органических веществ или золаобразующих компонентов (отходов) их переработки, форм соединений МЭ в рассматриваемом побочном продукте, возможности извлечения в товарные продукты нескольких элементов и др. Существенное значение имеют и особенности размещения установки по производству товарных соединений одного или нескольких МЭ относительно промыслов. Переработка нефти, отличающейся повышенным содержанием нескольких МЭ (например, V, Ni, Mo, W, Fe, U и др.), осуществляется по специально разработанным технологическим схемам, в которых учитываются технологические особенности каждого элемента. Следовательно, окончательное решение может быть принято только после проведения технико-экономических расчетов, а в некоторых случаях и предварительных опытных работ по уточнению параметров, необходимых в качестве исходных данных для этих расчетов.

Специалистами Казахстана и России выполнены исследования по разработке новых нетрадиционных технологий выделения ванадиевых соединений из ванадиеносных высоковязких нефтей и нефтяного сырья месторождений Северные Бузачи и Каражанбас [5, 6]. Основная цель проводимых исследований – разработка рентабельного способа деме­таллизации сырых нефтей в местах добычи на этапе ее подготовки к транспортировке.

Предлагаемая технология основана не на коксовании или озолении нефтей, а на использовании вибрационных и кавитационных воздействий, процессов центрифугирования и накопления высокомолекулярного осадка, содержащего ванадий. Первые исследования в этом направлении показали обнадеживающие результаты. В практике центрифугирования применяют два способа разделения жидких неоднородных систем: центробежное фильтрование и центробежное осаждение. При разделении суспензии в центрифугах

в роторе под действием центробежной силы происходит фильтрация жидкости через фильтровальную ткань или металлическую сетку с одновременным отложением на последней частиц твердой фазы. Жидкость проходит через сита, затем через отверстия в роторе и выбрасывается в кожух центрифуги, а осадок выгружается либо во время вращения ротора, либо после его полной остановки. При разделении суспензии в осадительных центрифугах твердые частицы, имеющие, как правило, большую плотность, чем жидкий компонент, осаждаются под действием центробежной силы в виде кольцевого слоя. Жидкость отводится из вращающегося ротора путем перелива через борт или с помощью отсосной трубы. Усовершенствованный вариант этих методов приводится в патенте [8]. Способ извлечения ванадия включает несколько этапов. Исходную нефть подвергают резонансно-волновому воздействию путем ультразвуковой обработки и/или низкочастотной кавитации с последующим центрифугированием. Жидкую фракцию после центрифугирования направляют на транспортировку, а шламы с механическими примесями подвергают магнитной сепарации, где происходит разделение на парамагнитную фракцию, которая содержит соединения V, и ферромагнитную фракцию, состоящую из соединений Fe и Ni. Парамагнитную фракцию прокаливают при температуре 350–500 °С, и из образующихся зольных остатков извлекают V, а из ферромагнитной фракции – Fe и Ni. Ультразвуковую обработку ведут при частоте 20–35 кГц с помощью акустических излучателей, которые устанавливают в трубопроводе или емкости.

Экономическая целесообразность проводимых работ по деме­таллизации определяется как существенным уменьшением содержания ванадия в товарной нефти (де­металлизат), так и концентрированием ванадия в смолисто-асфальтеновых фракциях (металлизат), что обеспечивает:

- технологическую безопасность нефтепроводов и оборудования нефтеперерабатывающих заводов;

- улучшение экспортного потенциала товарной нефти;
- увеличение ресурса двигателей внутреннего сгорания за счет улучшения качества топлив;
- экологическую безопасность при транспортировке и переработке нефти, а также при использовании нефтепродуктов;
- получение концентрата ванадия, т. е. металлизата, как сырья для добычи металла.

Важность рассматриваемой проблемы связана еще и с тем, что особым спросом (в зависимости от целей и возможностей нефтепереработки) будут пользоваться как экологически чистые сорта нефти, так и существенно металлоносные нафтиды для последующего извлечения имеющих промышленное содержание металлов. В связи с этим для каждого месторождения возрастает значение оценки качества нефтей, или их товарных свойств. В зависимости от содержания металлов будут изменяться цена нефти, методика разведки и стратегия разработки, технология переработки, а также осуществляться различные мероприятия по охране окружающей среды. Считаю целесообразным продолжение и расширение исследований по деметаллизации тяжелых нефтей и битумов для выработки рентабельной технологии извлечения ванадия из углеводородного сырья.

1. Белонин М.Д. Комплекс мер, стимулирующих разработку месторождений с трудноизвлекаемыми запасами и падающей добычей / М.Д. Белонин, С.А. Шумейкин, В.П. Якуцени // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. — 2004. — № 6. — С. 39–46.
2. Муслимов Р.Х. Опыт освоения ресурсов сверхвязких нефтей и природных битумов Волго-Уральской нефтегазоносной провинции // Нефтяное хозяйство. — 2011 — № 11. — С. 42–47.
3. Мухаметшин Р.З. Геохимические особенности нефтей Урало-Поволжья в связи с условиями формирования месторождений / Р.З. Мухаметшин, С.А. Пу-

нанова // Геология нефти и газа. — 2011. — № 4. — С. 74–83.

4. Мухаметшин Р.З. Нетрадиционные источники УВ сырья: геохимические особенности и аспекты освоения / Р.З. Мухаметшин, С.А. Пунанова // Нефтяное хозяйство. — 2012. — № 3. — С. 28–32.
5. Нуkenов Д. Извлечение ванадия из промышленно ванадиеносных нефтей с использованием резонансно-волнового воздействия // Фундаментальный базис инновационных технологий поисков, разведки и разработки месторождений нефти и газа и приоритетные направления развития ресурсной базы ТЭК России: XX конф. Губкинские чтения: тез. докл. — М.: Изд. центр РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2013. — С. 167.
6. Нуkenов Д.Н. Металлы в нефтях, их концентрация и методы извлечения / Д.Н. Нуkenов, С.А. Пунанова, З.Г. Агафонова. — М.: ГЕОС, 2001. — 77 с.
7. Нуkenов Д. К вопросу о генезисе геохимических разновидностей нефтей полуострова Бузачи и Урало-Поволжья / Д. Нуkenов, Р.З. Мухаметшин, С.А. Пунанова // Инновационное развитие нефтегазового комплекса Казахстана: Материалы межд. науч.-практ. конф. АО “КазНИПИМунайгаз”. — Актау, Республика Казахстан, 2013. — Ч. 2. — С. 361–367.
8. Пат. 23169. Республика Казахстан. Способ извлечения металлов из высоковязких нефтей / Д.А. Нусупбекова, К.Э. Нурмамбетов, Д.Э. Нурмамбетова, Д.Н. Нуkenов. Опубл. 20.09.2010.
9. Пунанова С.А. Гипергенно преобразованные нафтиды: особенности микроэлементного состава // Геохимия. — 2014. — № 1. — С. 64–75.
10. Пунанова С.А. Экспериментальные исследования преобразования микроэлементного состава нафтидов при процессах их миграции, катагенеза и гипергенеза / С.А. Пунанова, В.А. Чахмахчев // Моделирование нефтегазообразования. — М.: Наука, 1992. — С. 119–124.
11. Шпирт М.Я. Микроэлементы каустобиолитов. Проблемы генезиса и промышленного использования // М.Я. Шпирт, С.А. Пунанова. — Saarbruchen, Germany: Lambert Acad. Publishing, 2012. — 367 с.
12. Яценко И.Я. Ресурсы тяжелых нефтей мира и сравнительный анализ их физико-химических свойств // Экспозиция Нефть Газ. — 2012. — № 5(23). — С. 47–53.

## ПЕРШОЧЕРГОВІ ОБ’ЄКТИ НЕТРАДИЦІЙНОЇ ВУГЛЕВОДНЕВОЇ СИРОВИНИ НА ТЕРИТОРІЯХ ТАТАРСТАНУ І КАЗАХСТАНУ

Р.З. Мухаметшин<sup>1</sup>, Д. Нуkenов<sup>2</sup>, С.А. Пунанова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Казанський федеральний університет, вул. Кремлівська, 18, Казань 420008, Росія, e-mail: geoeng111@yandex

<sup>2</sup>Незалежний експерт Центральної комісії з розвідки та розробки корисних копалин Міністерства нафти і газу республіки Казахстан, Актау, Казахстан, e-mail: nukenov\_d@mail.ru

<sup>3</sup>Інститут проблем нафти і газу РАН, вул. Губкіна, 3, Москва 119333, Росія, e-mail: punanova@mail.ru

Запропоноване повідомлення присвячено проблемам комплексного використання нетрадиційних ресурсів вуглеводневої сировини — природних бітумів і важких нафт. На територіях Татарстану і Казахстану значна частина скупчень вуглеводнів у верхніх горизонтах осадового розрізу належить до категорії нетрадиційних ресурсів з високим вмістом металів, особливо ванадію і нікелю, які в нафтах асоціюють з асфальтно-смолистими компонентами. Досліджено склад цих нетрадиційних джерел вуглеводневої сировини — важких нафт і природних бітумів, що поширені на родовищах Татарстану та Казахстану. Виявлено їх характерні особливості, що потрібні для оцінки товарних якостей вуглеводневої сировини, збагаченої промислово значущими, але токсичними металами. Звернено увагу дослідників на необхідність комплексного підходу до вивчення промислово ванадієносних нафтидів, наведено деякі сучасні методи видобутку з них металів.

**Ключові слова:** природні бітуми і важкі нафти, нафтиди, мікроелементи.

## PRIORITIES FOR NON-CONVENTIONAL HYDROCARBONS IN THE TERRITORIES OF TATARSTAN AND KAZAKHSTAN

R.Z. Mukhametshin<sup>1</sup>, D. Nukenov<sup>2</sup>, S.A. Punanova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kazan Federal University, Kremlyovskaya St., 18, Kazan 420008, Russia, e-mail: geoeng111@yandex

<sup>2</sup>Independent expert of the Central commission on development of minerals of Ministry of oil and gas of republic of Kazakhstan, Aktau, Kazakhstan, e-mail: nukenov\_d@mail.ru

<sup>3</sup>Oil and Gas Research Institute Russian Academy of Sciences, Gubkina, St., 3, Moscow 119333, Russia, e-mail: punanova@mail.ru

The present communication deals with the integrated use of non-traditional hydrocarbon resources - natural bitumen and heavy crude oils. On the territory of Tatarstan and Kazakhstan, a large part of the accumulations in the upper horizons of the sedimentary section belongs to the category of non-traditional resources with a high content of metals, especially vanadium and nickel, which in crude oils are associated with asphalt-resinous components. The authors studied the composition of these non-traditional sources of hydrocarbons raw materials – heavy crude oils and natural bitumen, widespread on deposits of Tatarstan and Kazakhstan. Their characteristics are necessary for assessing merchantability of hydrocarbons, enriched by industrially significant but toxic metals. In the zone of hypergenesis, not only the physico-chemical properties of naphthides and their hydrocarbon composition undergo change, but also the concentrations of trace elements. Because of the loss of light fractions, the absolute concentrations of the elements bound to tar-asphaltene components (V, Ni, Co, Mo, Cr, Cu, etc.) in naphthides have considerably increased. Furthermore, the heteroatomic tar-asphaltene components of naphthides, which contact with low-mineralized stratal water in the zone of hypergenesis, are capable of sorbing trace elements with variable valence such as V, Fe, and U. The authors observed an increase in the absolute concentrations of trace elements in naphthides, as well as a change in the ratio between metal concentrations. The process characteristics of hypergenesis apply to petroleum from the oil fields of many regions. Attention is drawn to the need for an integrated approach to industrial and V-naphthides. The study suggests some modern methods of metal extraction.

**Keywords:** natural bitumen and heavy oil, naphthides, trace elements.

### References:

1. Belonin M.D., Shumejkin S.A., Jakuceni V.P. *Kompleks mer, stimulirujushih razrabotku mestorozhdenij s trudnoizvlekaemymi zapasami i padajushhej dobychej* [Expansionary measures to encourage the development of the fields with hard-to-recover reserves and declining production]. *Geologija, geofizika i razrabotka nefijnyh i gazovyh mestorozhdenij* (Moscow), 2004, issue 6, pp. 39-46.
2. Muslimov R.H. *Opyt osvoenija resursov sverhviskozkih neftej i prirodnyh bitumov Volgo-Ural'skoj neftegazonosnoj provincii* [Experience of development of resources of superviscous oils and natural bitumen of Volga-Ural oil-bearing province]. *Nefjanoe hozjajstvo*, 2011, issue 11, pp. 42-47.
3. Muhametshin R.Z., Punanova S.A. *Geohimicheskie osobennosti neftej Uralo-Povolzh'ja v svjazi s uslovijami formirovanija mestorozhdenij* [Geochemical features of oils of Ural-Povolzhie in view of field formation conditions]. *Geologija nefi i gaza* (Moscow), 2011, issue 4, pp. 74-83.
4. Muhametshin R.Z., Punanova S.A. *Netradicionnye istochniki uglevodorodnogo syr'ja: geohimicheskie osobennosti i aspekty osvoenija* [Non-traditional sources of hydrocarbon raw material: geochemical features and aspects of development]. *Nefjanoe hozjajstvo*, 2012, issue 3, pp. 28-32.
5. Nukenov D. *Izvyechenie vanadija iz promyshlenno vanadienosnyh neftej s ispol'zovaniem rezonansno-volnovogo vozdejstvija* [Extraction of vanadium from industrially vanadium bearing oils with the use of resonantly-wave action]. *Tezisy dokladov XX konferencii Gubkinskie chtenija "Fundamental'nyj bazis innovacionnyh tehnologij poiskov, razvedki i razrabotki mestorozhdenij nefi i gaza i prioritetye napravlenija razvitija resurnoj bazy TJeK Rossii"*. Moscow, Gubkin Russian state university of oil and gas, 2013, p. 167.
6. Nukenov D.N., Punanova S.A., Agafonova Z.G. *Metally v neftjah, ih koncentracija i metody izvyechenija* [Metals in the crude oils, their concentration and extraction methods]. Moscow, *GEOS*, 2001, 77 p.
7. Nukenov D., Muhametshin R.Z., Punanova S.A. *K voprosu o genezise geohimicheskikh raznovidnostej neftej poluostrova Buzachi i Uralo-Povolzh'ja* [To the question about the genesis of geochemical varieties of Buzachi peninsula and Ural-Volga region oil]. *Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija "Innovacionnoe razvitie neftegazovogo kompleksa Kazahstana"*. Aktau, Republic Kazakhstan: AO "KazNIPImunajgaz", 2013, vol. 2, pp. 361-367.
8. Patent 23169. *Sposob izvyecheniya metallov iz vysokovyazkikh neftej* [The method of extract metals from high-viscosity oils]. D.A. Nusupbekova, K.E. Nurmambetov, D.E. Nurmambetova, D.K. Nukenov. Republic of Kazakhstan. Priority from 20.09.2010.
9. Punanova S.A. *Gipergenno preobrazovannye naftidy: osobennosti mikroelementnogo sostava* [Supergene transformed naphthides: peculiarities of trace element composition]. *Geokhimiya (Russian)*, 2014, vol. 52, issue 1, pp. 64-75.
10. Punanova S.A., Chahmahchev V.A. *Jeksperimental'nye issledovanija preobrazovanija mikroelementnogo sostava naftidov pri processah ih migracii, katageneza i gipergeneza* [Experimental researches of the trace element composition transformation at the processes of their migration, catagenesis and supergenesis]. *Modelirovanie neftegazoobrazovanija*. Moscow, *Nauka*, 1992, pp. 119-124.
11. Shpirt M.Ja., Punanova S.A. *Mikrojelementy kaustobiolitov. Problemy genezisa i promyshlennogo ispol'zovanija* [Trace elements caustobioliths. The problems of genesis and industrial use]. Saarbruchen, Germany: Lambert Academic Publishing, 2012, 367 p.
12. Jashhenko I.Ja. *Resursy tjazhelyh neftej mira i sravnitel'nyj analiz ih fiziko-himicheskikh svojstv* [Resources of heavy oils of peace and comparative analysis of their physical and chemical properties]. *Jekspozicija Neft' Gaz*, 2012, issue 5(23), pp. 47-53.

Поступила в редакцию 16.12.2013 г.

Received 16/12/2013