

В.И. Самойлов, А.Т. Садуакасова**ГИДРОМИНЕРАЛЬНОЕ УРАНСОДЕРЖАЩЕЕ СЫРЬЕ**

Приведены данные по гидроминеральным источникам урана ряда стран. Рассмотрены месторождения урансодержащего гидроминерального сырья характеризуются значительно более высоким содержанием урана в сравнении с его содержанием в морях и океанах. Указанные в работе источники урансодержащего гидроминерального сырья могут представлять промышленный интерес для расширения сырьевой базы урановых производств, перерабатывающих рудное урансодержащее сырье. Содержание урана в некоторых месторождениях гидроминерального сырья достигает концентраций, сопоставимых с его концентрациями в продуктивных растворах, получаемых при подземном выщелачивании урана в промышленном масштабе. Данный обзор позволяет сделать вывод о том, что отдельные указанные в нем месторождения гидроминерального урансодержащего сырья могут рассматриваться как перспективные источники для сорбционного извлечения урана.

Ключевые слова: уран, месторождения урансодержащего гидроминерального сырья, минерализованные озера, сорбция.

В работе [1] отмечается, что среди гидроминеральных источников урана наибольшее внимание привлекают воды морей и океанов. Концентрация урана в воде морей и океанов составляет 3 мкг/л, что соответствует суммарным запасам урана примерно 4,5 млрд т [2, 3]. Несмотря на значительное количество научных и прикладных работ, посвященных извлечению урана из морской воды, себестоимость получаемого U_3O_8 вдвое выше цены на этот продукт, получаемый при извлечении урана из рудного сырья. Научные и технологические проблемы, возникающие при извлечении урана из морской воды, инициировали исследования по извлечению урана из минерализованных озер, где концентрация урана существенно выше. Например, даже при содержании урана в Каспийском море 3 мкг/л запасы урана в этом источнике гидроминерального сырья будут оцениваться величиной порядка 231 тыс. т (учитывая объем данного моря 77 тыс. км³ [4]). Во многих странах пытаются извлекать уран из морских

вод и особенно из вод карбонатных озер, где его содержания достигают десятков миллиграммов на литр [3]. В 1960–1980-х гг. под руководством академика Б.Н. Ласкорина были проведены работы по извлечению урана из озера Иссык-Куль (Кыргызстан), концентрация в котором этого элемента достигает почти 30 мкг/л [5]. Однако по ряду технических и экономических причин эти работы не нашли практического применения.

Новый виток интереса к урановому сырью озерного типа обозначился в начале XXI столетия [6–9]. В этот период выполнены работы по определению содержания урана и других полезных компонентов в более чем 50 озерах Монголии и Алтайского края России, а также дана оценка их запасов в этих озерах.

В приведенной ниже таблице и комментариях к ней представлена краткая характеристика 38 известных источников гидроминерального сырья Монголии, Китая, Таджикистана, США, Турции, Кыргызстана, России и Казахстана с повышенным содер-

жанием урана, полученная авторами данной статьи на основе обзора доступной литературы [1, 6, 9–20].

Пункты 1–38 таблицы могут быть прокомментированы следующим образом.

Озеро Алаколь (п. 1 таблицы) [10–11, 21]. Данное озеро расположено на территории Восточно-Казахстанской области.

Содержание гидрокарбонатов говорит о содовом типе вод, в которых присутствующие ионы урана, могут быть связаны в карбонатные комплексы уранила.

Озеро Иссык-Куль (п. 2 таблицы) расположено в Кыргызстане [12]. По данным разных авторов содержание урана в водах рек Иссык-Кульской котловины составляет в зависимости от времени года и места отбора от 2,8 до 10 мкг/л.

В среднем вода в озере Иссык-Куль содержит $3,0 \cdot 10^{-6}$ % масс. урана (т.е. ~30 мкг/л), что на порядок больше, чем содержание урана в морской воде (10^{-7} % масс.) и на один-два порядка больше, чем среднее содержание урана в реках и пресных озерах (от $n \cdot 10^{-8}$ до $n \cdot 10^{-7}$ % масс.). Разные зоны озера Иссык-Куль имеют различное содержание урана в воде, что обусловлено неравномерностью процессов испарения и опреснения, происходящих в прибрежных зонах озера.

Озеро Сасык-коль (п. 3 таблицы), расположенное в Таджикистане на Памире, отличается очень высоким содержанием урана в воде (30 мг/л) [13]. Это обстоятельство с одной стороны позволяет добывать уран дешевле, чем из скальных пород, а с другой – говорит о наличии внушительных месторождений урана поблизости.

Богатыми нетрадиционными урано-содержащими ресурсами в Китае считают соленые озера в районах Цинхай и Синьцзян (п. 4 таблицы), где концен-

трация урана в пластовых водах достигает 60 мг/л [6].

В последнее время в Китае уделяют большое внимание нетрадиционным источникам урана, считая, что в данной области страна имеет большой потенциал. Так, например, в 2009 г. в Китае началась проектная работа, связанная с исследованием урано-содержащих ресурсов и их оценкой [6]. Озеро Ван (п. 5 таблицы) – бессточное соленое озеро, расположенное на Армянском нагорье в восточной части современной Турции (регион Восточная Анатолия). Этот регион отличается довольно суровым резко континентальным климатом [9, 14]. Озеро Ван – самое большое содовое озеро в мире и четвертое по величине непересыхающее бессточное озеро. В настоящее время озеро питают четыре небольшие реки, а также весеннее таяние снегов близлежащих гор. Исследования данного озера показали, что содержание урана в водах данного озера находится в диапазоне $37 \div 110$ мкг/л (результат анализа 51 пробы воды, отобранной из различных точек озера). В работе [9] установлено, что высокие концентрации урана коррелируют с высокими концентрациями молибдена и циркония, а также сделана оценка запасов урана в озере Ван, которая оценена в ~50 тыс. т.

Рассолы долины Империял (п. 6 таблицы), расположенные в шт. Калифорния (США), представляют собой крепкие рассолы с минерализацией свыше 400 г/л [15]. Указанные рассолы были вскрыты зимой 1961–1962 гг. глубокой скважиной в долине Империял близ г. Ниланда. Температура паро-водяной рассольной смеси 270 °С. При пробном выпуске рассола в трубах отлагался осадок, содержащий серебро, медь и другие элементы, характерные для гидротермальных рудных месторождений.

Месторождения урансодержащего гидроминерального сырья

№ п/п	Месторождение гидроминерального сырья [источник информации]	Минерализация, г/л [источник информации]	pH [источник информации]	Содержание U, мкг/л (запасы, т) [источник информации]	Содержание примесей, мг/л [источник информации]
1	Озеро Алаколь (Казахстан) [10–11, 21]	–	–	10,4±20,59 [21] (907,68)	Li–0,0174, Na – 2921±3260, K – 30,4±33,68, Ca – 4,45±7,15, Mg – 436±658, Fe – 0,002±0,025, Mo – 0,51±32,2, Zr – 1,39±1,624, HCO ₃ ⁻ – 195; Cl ⁻ – 20,3, NO ₃ ⁻ – 35 [21]
2	Озеро Иссык-Куль (Кыргызстан) [12]	–	–	~30 [12]	–
3	Сасык коль (Таджикистан) [13]	–	–	30 000 [13]	–
4	Соленые озера в районах Цинхай и Синьцзян (Китай) [6]	–	–	до 60 000 [6]	–
5	Озеро Ван (Турция) [6, 9, 14]	–	–	37±110 [9] (50 000) [9]	Zr – 0,017±0,078, Mo – 0,0001±0,0017, V – 0,0027±0,113 [9]
6	Рассолы долины Империял (шт. Калифорния, США) [15]	400 [15]	–	на уровне 5000±8000 [15]	Li – 300±320, Na – 54 000, K – 23,8, Ca – 40 000, Mg – 100, Al – 450, Fe – 3000, Mn – 1000, Sr – 410±740, Ba – 200, Pb – 100, Sn – 0,65, Cr – 0,5, Cu – 3,7, Ni – 2000, Sb – 0,5, Rb – 150±168, Au – 0,2, Ag – 2, B – 320, Br – 100±146, As – 14, Cs – 20±22, Cl ⁻ – 184 000, NO ₃ ⁻ – 35 [15]
7	Безымянное озеро Чуйской впа- дины (Горный Алтай, Россия) [1]	16 [1]	8,3 [1]	2200 [1]	HCO ₃ ⁻ – 370 [1]
Озера Северо-Западной Монголии					
8	Озеро Шаагай нуур (Цаган- шибэтинская ПУРЗ*) [1, 16–20]	14,9 [1]	9,5 [1]	960 [1] (7,3) [1]	Na – 4750, K – 36, Ca – 7,7, Mg – 15, Cl ⁻ – 5380, SO ₄ ²⁻ – 470, SiO ₂ – 11,1 [18]; HCO ₃ ⁻ – 3200, CO ₃ ²⁻ – 970 [1]
9	Озеро Бага Гашун нуур [1]	323 [1]	7,9 [1]	2500 [1]	HCO ₃ ⁻ – 4200, CO ₃ ²⁻ – 60 [1]
10	Озеро Бор-Хаг нуур (Цаган- шибэтинская ПУРЗ) [1, 18]	20 [1]	9,8 [1]	460 [1]	Na – 7570, K – 307, Ca – 100, Mg – 626, Cl ⁻ – 6300, SO ₄ ²⁻ – 4800, SiO ₂ – 0,017 [18]; HCO ₃ ⁻ – 570 [1]

11	Озеро Сангийн Далай нуур [1]	278 [1]	7,6 [1]	380 [1] (9,5) [1]	HCO_3^- – 750, CO_3^{2-} – 0 [1]
12	Озеро Шар Бурд нуур [1]	114 [1]	8,9 [1]	400 [1]	HCO_3^- – 460 [1]
13	Озеро Цаган нуур [1]	50 [1]	9,5 [1]	20÷280 [1]	HCO_3^- – 450÷1400, CO_3^{2-} – 54÷520 [1]
14	Озеро Цохор нуур [1]	101 [1]	10,3 [1]	250 [1]	HCO_3^- – 4000, CO_3^{2-} – 1700 [1]
15	Озеро Цавдан нуур [1]	350 [1]	7,4 [1]	220 [1]	HCO_3^- – 930, CO_3^{2-} – 0 [1]
16	Озеро Их Гашун нуур [1]	25 [1]	9,8 [1]	350 [1]	HCO_3^- – 2700, CO_3^{2-} – 610 [1]
17	Озеро Давтерийн Давс нуур [1]	305 [1]	7,8 [1]	150 [1]	HCO_3^- – 710, CO_3^{2-} – 0 [1]
18	Озеро Хар-Ус нуур (Цаган-шибэтинская ПУРЗ) [1, 16, 18]	4,9 [1]	9,5 [1]	940 [1]	Na – 1590, K – 31, Ca – 15, Mg – 61, Cl ⁻ – 1540, SO_4^{2-} – 380, SiO_2 – 7,7 [18]; HCO_3^- – 1100, CO_3^{2-} – 150 [1]
19	Озеро Айраг нуур (Монголо-Тувинская ПУРЗ) [1, 18]	25 [1]	9,1 [1]	27÷95 [1] (37) [1]	Na – 8500, K – 87, Ca – 16, Mg – 240, Cl ⁻ – 7530, SO_4^{2-} – 6880, SiO_2 – 1,93 [18]; HCO_3^- – 1300, CO_3^{2-} – 210 [1]
20	Озеро Хяргас нуур (Озерная ПУРЗ) [1, 18]	8,2 [1]	9,5 [1]	90 [1] (5400) [1]	Na – 1880, K – 190, Ca – 9, Mg – 170, Cl ⁻ – 1880, SO_4^{2-} – 1030, SiO_2 – 0,43 [18]; HCO_3^- – 1600, CO_3^{2-} – 390 [1]
21	Озеро Олтой нуур [1]	9,9 [1]	9,7 [1]	75 [1]	HCO_3^- – 1100, CO_3^{2-} – 230
22	Озеро Тонхил нуур [1]	270 [1]	8,0 [1]	77 [1]	HCO_3^- – 1700, CO_3^{2-} – 0
23	Озеро Улгийн нуур [1]	0,9 [1]	10,1 [1]	68 [1]	HCO_3^- – 290, CO_3^{2-} – 0
24	Озеро Тахит нуур (Монголо-Тувинская ПУРЗ) [1, 18]	5,3 [1]	8,9 [1]	20 [1]	Na – 960, K – 28, Ca – 37, Mg – 190, Cl ⁻ – 1300, HCO_3^- – 660, CO_3^{2-} – 24, SO_4^{2-} – 560, SiO_2 – 8,8 [18]
25	Озеро Сууж нуур (Цаган-шибэтинская ПУРЗ) [1, 16, 18]	17 [1]	9,5 [1]	42 [1]	Na – 4250, K – 240, Ca – 60, Mg – 1090, Cl ⁻ – 4970, SO_4^{2-} – 6140, SiO_2 – 10,5 [18]; HCO_3^- – 800, CO_3^{2-} – 200 [1]
26	Озеро Ойгон нуур [1]	20 [1]	9,4 [1]	49 [1] (10) [1]	HCO_3^- – 1300, CO_3^{2-} – 290 [1]
27	Озеро Хулам нуур [1]	299 [1]	6,9 [1]	47 [1]	HCO_3^- – 840, CO_3^{2-} – 0 [1]
28	Озеро Дөргөн нуур [1]	5,5 [1]	9,9 [1]	34 [1] (150) [1]	HCO_3^- – 1700, CO_3^{2-} – 230 [1]

29	Озеро Тэлмэн нуур (Монголо-Тувинская ПУРЗ) [1, 18]	8,5 [1]	9,3 [1]	25 [1] (67) [1]	Na – 1920, K – 60, Ca – 10, Mg – 370, Cl ⁻ – 2310, SO ₄ ²⁻ – 1470, SiO ₂ – 0,32 [18]; HCO ₃ ⁻ – 1100, CO ₃ ²⁻ – 270 [1]
30	Озеро Урэг нуур (Цаганши-бэтинская ПУРЗ) [1, 18]	4,88 [18]	9,04 [18]	26 [18] (165) [1]	Na – 810, K – 50, Ca – 8,8, Mg – 422, Cl ⁻ – 640, HCO ₃ ⁻ – 884, CO ₃ ²⁻ – 154, SO ₄ ²⁻ – 1290, SiO ₂ – 0,013 [18]
31	Озеро Увс нуур [1]	16 [1]	9,4 [1]	17 [1] (673) [1]	HCO ₃ ⁻ – 1000, CO ₃ ²⁻ – 180 [1]
32	Озеро Шар нуур (Цаганши-бэтинская ПУРЗ) [18]	0,273 [18]	7,38 [18]	43 [18]	Na – 46, K – 7, Ca – 7, Mg – 13, Cl ⁻ – 17, HCO ₃ ⁻ – 476, CO ₃ ²⁻ – 0,6, SO ₄ ²⁻ – 30, SiO ₂ – 23,5 [18]
33	Озеро Бага нуур (Цаганши-бэтинская ПУРЗ) [1, 18]	5,2 [1]	9,5 [1]	110 [1]	Na – 1440, K – 18, Ca – 4,2, Mg – 90, Cl ⁻ – 1300, SO ₄ ²⁻ – 420, SiO ₂ – 4,7 [18]; HCO ₃ ⁻ – 1500, CO ₃ ²⁻ – 150 [1]
34	Озеро Бага нуур (Монголо-Алтайская ПУРЗ) [18]	4,47 [18]	8,2 [18]	130 [18]	Na – 1320, K – 75, Ca – 4,8, Mg – 90, Cl ⁻ – 1400, HCO ₃ ⁻ – 964, CO ₃ ²⁻ – 5,38, SO ₄ ²⁻ – 390, SiO ₂ – 13,9 [18]
35	Озеро Бага-нуур (Озерная ПУРЗ) [18]	>114,7 [18]	8,3 [18]	63 [18]	Na – 49 400, K – 1000, Ca – 208, Mg – 2005, Cl ⁻ – 43 100, SO ₄ ²⁻ – 19 000, SiO ₂ – не обнаружен [18]
Озера Северо-Восточной Монголии					
36	Еравнинско-Гусиноозерская озерная система [22]	0,1÷17,0 [22]	7,6÷10,0 [22]	0,1÷154 [22]	Li – 0,0023÷1,1000, Sr – 0,092÷5,6, Zr – 0,00001÷0,375, Mo – 0,0003÷0,472, B – 0,0033÷1,1, Br – 0,009÷23,8 [22]
37	Восточно-Монгольская озерная система [22]	0,5÷280 [22]	7,2÷10,1 [22]	6,8÷4800 [22]	Li – 0,004÷48, Sr – 0,091÷23,8, Zr – 0,03÷790, Mo – 9÷1420, W – 0,2÷522, V – 1÷646, Ge – 0,0008÷0,006, Sb – 0,0006÷0,086, B – 0,042÷92, Br – 0,029÷777, As – 0,019÷7,2, Se – 0,0005÷0,044, Cs – 0,000005÷0,026 [22]
38	Онон-Борзинская озерная система [22]	0,3÷380 [22]	8,00÷10,14 [22]	3,1÷2200 [22]	Li – 0,009÷0,442, Sr – 0,096÷13,1, Zr – 0,0001÷1,65, Mo – 0,001÷0,67, W – 0,00004÷0,407, V – 0,001÷0,5, Ge – 0,00001÷0,04, Sb – 0,0002÷0,1, B – 0,052÷65, As – 0,0005÷14, Se – 0,00005÷56 [22]
Примечания: 1* ПУРЗ – потенциально урановорудная зона; 2. Суммарные запасы урана в озерах Монголии, приведенные в таблице, оцениваются в 6519 т.					

Авторы [15] предполагают, что такой рассол является остаточным гидро-термальным рассолом.

В озере Безымянном (п. 7 таблицы) Чуйской долины (Горный Алтай, Россия) по данным [1] содержание урана составляет 2200 мкг/л.

На территории Монголии насчитывается около 3500 озер, из которых порядка 50 изучены авторами работ [1, 16]. В таблице приведены озера Северо-Западной Монголии (п. 8–35 таблицы) с наибольшим содержанием урана. Стоит отметить, что концентрация урана в минерализованных озерах данного региона на порядки выше его содержания в водах морей и океанов (3 мкг/л) [1].

Климат района расположения указанных озер – резко континентальный. Среднегодовое количество осадков составляет всего 100÷200 мм, а испарение достигает 1000÷1500 мм [17]. Считается, что аккумуляция солей в бессточных котловинах является следствием недостаточности увлажнения климата, значительного дефицита влажности воздуха и большой величины испарения.

Основными типами озер в данном регионе являются содовые, хлоридные и реже сульфатные.

Озеро Шаазгай нуур (п. 8 таблицы) [18–20] расположено в межгорной котловине южной части Хархиринского нагорья Северо-Западной Монголии на уровне 1696÷1700 м. К северу от озера установлено урановое рудопроявление, представленное отенитом и уранофаном. В озеро впадает р. Хайгайн-Гол, питающаяся ледниками горного массива. Концентрация урана в верховьях реки невелика – 0,8÷0,9 мкг/л [17], что объясняют ледовым характером питания реки. По мере продвижения к озеру концентрация урана в речной воде на достаточно коротком участке возрастает в 20 раз, что связано с разгрузкой подземных

урансодержащих вод в реку. Содержание урана в подземных водах варьирует от 40 мкг/л до 110 мкг/л. Запасы урана в озере оценены в 7,3 т [1].

Озеро Хяргас нуур (п. 20 таблицы) [16] – одно из содовых озер Северо-Западной Монголии. Воды данного озера имеют повышенные концентрации урана, приемлемые для извлечения современными технологиями. Запасы урана в озере составляют 5400 т. Авторы [18] считают, что столь существенная величина запасов урана связана с тем, что питание этого озера осуществляется за счет двух крупнейших рек Западной Монголии (Ховд и Завхан), водосбор которых находится на территории урановорудных районов.

Менее значительные запасы урана насчитывают следующие озера: Увс нуур (673 т), Урег-нуур (166 т), Дерген нуур (150 т), Телмен-нуур (67 т), Айраг нуур (37 т) Хара-Ус-нуур (28 т), Ойгон нуур (10 т), Сангийн Далай нуур (9,5 т).

Озеро Давсан-нуур является самым соленным озером региона, сумма солей достигает 430 г/л.

Большинство озер Северо-Восточной Монголии, исследованных в работе [22], являются щелочными, пресными и солоноватыми. В пределах Еравнинско-Гусиноозерской озерной системы (п. 36 таблицы) доля сульфат-иона в озерных водах увеличивается (вплоть до преобладания). Озера Восточно-Монгольской (п. 37 таблицы) и особенно Онон-Борзинской (п. 37 таблицы) систем очень неоднородны по геохимическому типу вод, и в каждой из них авторы [21] выделяют несколько компактно расположенных групп озер с различной геохимической спецификой.

Повышенные содержания некоторых элементов в питающих подземных водах обеспечили накопление солей в озерах Восточной Монголии,

в меньшей степени в Онон-Борзинской системе [22]. Повышенные содержания некоторых элементов в питающих подземных водах и общая геохимическая обстановка обеспечили условия их накопления в процессе эволюции озер. Самый высокий уровень концентраций элементов характерен для озер Восточной Монголии и Онон-Борзинской системы.

Как следует из таблицы, содержание урана в гидроминеральном сырье в настоящее время определено для очень ограниченного круга месторождений такого сырья. В то же время данные этой таблицы показывают, что отдельные известные источники

гидроминерального сырья характеризуются содержанием урана, сопоставимым с таковым в продуктивных растворах, получаемых в ряде стран при подземном выщелачивании урана. Кроме того, отдельные известные источники гидроминерального сырья характеризуются запасами урана, составляющими десятки тысяч тонн.

Поэтому особую актуальность приобретает задача проведения работ по определению содержания урана в многочисленных источниках гидроминерального сырья, расположенных на всех континентах земного шара, а также проведения оценки запасов урана в этих источниках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исупов В.П., Шацкая С.С., Бородулина И.А. Уран в минерализованных озерах Западной Монголии и сопредельной территории России: ресурсы, источники накопления, пути инновационного освоения // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 2014. – № 22. – С. 429–436.
2. Kim J., Tsouris C., Mayes R.T., Oyola Y., Saito T., Janke C.J., Dai S., Schneider E., Sachde D. // *Separation Sci. Technol.* – 2013. – Vol. 48, No. 3. – P. 367–387.
3. Крайнов С.Р., Швец В.М. Гидрогеохимия. Учебник для вузов. – М.: Недра, 1992. – 463 с.
4. Шлямин Б.А. Каспийское море. – М.: Географгиз. – 1954. – 128 с.
5. Калдыбаев Б.К. Эколого-радиобиогеохимические исследования в условиях Прииссыкуля. – Бишкек: Изд-во Иссык-Кульского гос. ун-та, 2010. – С. 246.
6. Mingkuan Qin. Current Progresses and Prospects on Unconventional Uranium Resources (UUR) of China. Technical Meeting on Uranium from Unconventional Resources. 4–6 November 2009, IAEA Headquarters, Vienna.
7. Yadav D.N., Sarin M.M. // *Aquat Geochem.* – 2009. – Vol. 15. – P. 529–545.
8. Linhoff B.S., Bennet P., Puntsag T., Gerel O. // *Environ. Earth Sci.* – 2011. – Vol. 62. – P. 171–183.
9. Mehmet Yaman, et al. Distribution Study of U, V, Mo, and Zr in Different Sites of Lakes Van and Hazar, River and Seawater Samples by ICP-MS. // *Clean – Soil, Air, Water*. – 2011. – 39 (6). – Pp. 530–536.
10. Гидрогеология СССР. Т. 37. Восточный Казахстан / Под ред. А.П. Кузнецова. – М.: Недра. – 1970. – 473 с.
11. Филоненко П.П., Омаров Т.Р. Озера Центрального и Южного Казахстана. – Алма-Ата: Наука. – 1981. – 232 с.
12. Матыченков В.Е., Тузова Е.В. Устойчивость изотопного состава урана в водах Иссык-Кульского бассейна. Изучение гидродинамики оз. Иссык-Куль с использованием изотопных методов. – М.: Наука. – 2005. – С. 133–137.
13. Разыков З.А., Бакулина Г.К., Ниязметова Д.Т., Беляев А.П., Юнусов М.М. Извлечение урана из природных урансодержащих вод сложного солевого состава Ягноб / *Доклад АН республики Таджикистан*. – 2002. – Т. 45. – № 1. – С. 60–65.
14. Hammer U.T. Saline lake ecosystems of the world, Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht – Boston, 1986.
15. Овчинников Л.Н., Солодова Н.А. Месторождения литофильных редких металлов. – М.: Недра, 1980. – 559 с.
16. Шварцев С.Л., Исупов В.П., Владимиров А.Г., Колпакова М.Н., Мороз Е.Н., Ариунбилэг С. Главные факторы литиенности и ураноносности бессточных озер Западной Монголии / *Литий России: Минерально-сырьевые ресурсы, инновационные технологии, экологическая безопасность: Материалы Всероссийского научно-технического совещания с международным участием г. Новосибирск, 24–26 мая 2011 г.* Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т химии твердот-

го тела и механохимии [и др.] – Новосибирск: СО РАН. – 2011. – С. 86–92.

17. Севастьянов Д.В., Шувалов В.Ф., Неуструева Е.Ю. Лимнология и палеолимнология Монголии. – СПб.: Наука. – 1994. – 304 с.

18. Исупов В.П., Владимиров А.Г., Ляхов Н.З., Шварцев С.Л., Ариунбилэг С., Колпакова М.Н., Шацкая С.С., Чупахина Л.Э., Куйбида Л.В., Мороз Е.Н. Ураноносность высокоминерализованных озер Северо-Западной Монголии // ДАН. – 2011. – Т. 437. – № 1. – С. 85–89.

19. Островский Ю.В., Заборцев Г.М., Ляхов Н.З., Исупов В.П. Извлечение урана из минерализованных вод озера Шаазгай нуур (Монголия) // Химия в интересах устойчивого развития. – 2012. – Т. 20. – № 6. – С. 707–712.

20. Маркович Т.И., Разворотнева Л.И., Исупов В.П., Гилинская Л.Г., Владимиров А.Г. Иммобилизация урана донными осадками соленых озер Северо-Западной Монголии / Благородные, редкие и радиоактивные элементы в рудообразующих системах: Материалы Всероссийской научной

конференции с международным участием; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т геологии и минералогии им. В.С. Соболева. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2014. – 759 с.

21. Садуакасова А.Т., Зеленин В.И., Самойлов В.И., Титов Д.Н. Современное состояние минерально-сырьевой базы урана и ее расширение путем вовлечения в переработку гидроминерального сырья / Материалы Международной научно-практической конференции «Зеленая экономика – будущее человечества» Часть V. 24, 25 мая. – Усть-Каменогорск, 2014. – С. 377–386.

22. Скларова О.А., Скларов Е.В., Меньшагин Ю.В., Данилова М.А. Динамика формирования и рудогенерирующий потенциал минерализованных озер Забайкалья и Северо-Восточной Монголии / Литий России: Минерально-сырьевые ресурсы, инновационные технологии, экологическая безопасность: Материалы Всероссийского научно-практического совещания с международным участием г. Новосибирск, 24–26 мая 2011 г. Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т химии твердого тела и механохимии [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – С. 82–85. **ПИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Самойлов Валерий Иванович – доктор технических наук, старший преподаватель, e-mail: samval@bk.ru,

Садуакасова Айгуль Талгатовна – докторант, e-mail: a_saduakasova@mail.ru, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева.

UDC 556.551+556.314

HYDROMINERAL URANIUM-CONTAINING RAW MATERIALS

Samoilov V.I.¹, Doctor of Technical Sciences, Senior Lecturer, e-mail: samval@bk.ru,

Saduakassova A.T.¹, Doctoral Candidate, e-mail: a_saduakasova@mail.ru,

¹ D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University, 070003, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

Paper presents data of hydromineral uranium-containing source in some countries. The considered fields of uranium-containing hydromineral raw materials has considerably higher contents of uranium in comparison with its contents in the sea and ocean water. These fields of uranium-containing hydromineral raw materials are of industrial interest for broadening uranium raw materials base of industries, that processing uranium-containing crude ore.

The content of uranium in some fields of hydromineral raw materials comes up to its concentration in the productive solutions after underground leaching.

The review provides a means of conclude that some fields of hydromineral uranium-containing raw materials can be offered as perspective sources for uranium sorption extraction.

Key words: uranium, fields of uranium-containing hydromineral raw materials, mineralized lakes, sorption.

REFERENCES

1. Isupov V.P., Shatskaya S.S., Borodulina I.A. *Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya*. 2014, no 22, pp. 429–436.

2. Kim J., Tsouris C., Mayes R.T., Oyola Y., Saito T., Janke C.J. Dai S., Schneider E., Sachde D. *Separation Sci. Technol.* 2013. Vol. 48, No. 3. P. 367–387.

3. Krainov S.R., Shvets V.M. *Gidrogeokhimiya*. Uchebnik dlya vuzov (Hydrogeochemistry. Textbook for high schools), Moscow, Nedra, 1992, 463 p.
4. Shlyamin B.A. *Kaspiiskoe more* (Caspian Sea), Moscow, Geografiz, 1954, 128 p.
5. Kaldybaev B.K. *Ekologo-radiobiogeokhimicheskie issledovaniya v usloviyakh Priissykul'ya* (Ecological-biogeochemical researches in the Issyk-Kul region), Bishkek, Izd-vo Issyk-Kul'skogo gos. un-ta, 2010, pp. 246.
6. Mingkuan Qin. Current Progresses and Prospects on Unconventional Uranium Resources (UUR) of China. *Technical Meeting on Uranium from Unconventional Resources*. 4–6 November 2009, IAEA Headquarters, Vienna.
7. Yadav D.N., Sarin M.M. *Aquat Geochem.* 2009. Vol. 15. P. 529–545.
8. Linhoff B.S., Bennet P., Puntsag T., Gerel O. *Environ. Earth Sci.* 2011. Vol. 62, pp. 171–183.
9. Mehmet Yaman, et al. Distribution Study of U, V, Mo, and Zr in Different Sites of Lakes Van and Hazar, River and Seawater Samples by ICP-MS. *Clean – Soil, Air, Water.* 2011. 39 (6), pp. 530–536.
10. *Gidrogeologiya SSSR*. T. 37. Vostochnyi Kazakhstan. Pod red. A.P. Kuznetsova (Hydrogeology of the USSR, vol. 37. East Kazakhstan. Kuznetsov A.P. (Ed.)), Moscow, Nedra, 1970, 473 p.
11. Filonets P.P., Omarov T.R. *Ozera Tsentral'nogo i Yuzhnogo Kazakhstana* (Central and Southern Kazakhstan Lakes), Alma-Ata, Nauka, 1981, 232 p.
12. Matychenkov V.E., Tuzova E.V. *Ustoichivost' izotopnogo sostava urana v vodakh Issyk-Kul'skogo basseina. Izuchenie gidrodinamiki oz. Issyk-Kul' s ispol'zovaniem izotopnykh metodov* (Uranium isotopic abundance stability in the Issyk-Kul Basin water. Study of hydrodynamics of lake Issyk-Kul with the use of isotope techniques), Moscow, Nauka, 2005, pp. 133–137.
13. Razykov Z.A., Bakulina G.K., Niyazmatova D.T., Belyaev A.P., Yunusov M.M. *Izvlechenie urana iz prirodnykh uransoderzhashchikh vod slozhnogo solevogo sostava Yagnob. Doklad AN respublik Tadjikistan* (Extraction of uranium from natural uranium-water complex salt composition Yagnob. Doklady Akademii Nauk Respubliki Tadjikistan), vol. 45, 2002, no 1, pp. 60–65.
14. Hammer U.T. *Saline lake ecosystems of the world*, Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht Boston, 1986.
15. Ovchinnikov L.N., Solodova N.A. *Mestorozhdeniya litofil'nykh redkikh metallov* (Rare lithophilous metals fields), Moscow, Nedra, 1980, 559 p.
16. Shvartsev S.L., Isupov V.P., Vladimirov A.G., Kolpakova M.N., Moroz E.N., Ariunbileg S. *Litii Rossii: Mineral'no-syr'evye resursy, innovatsionnye tekhnologii, ekologicheskaya bezopasnost'*: *Materialy Vserossiiskogo nauchno-tekhnicheskogo soveshchaniya s mezhdunarodnym uchastiem* g. Novosibirsk, 24–26 maya 2011 g. (Lithium Russia: Mineral resources, innovative technology, environmental security: proceedings of all-Russian scientific and technical meetings with international participation, Novosibirsk, 24–26 may 2011), Novosibirsk, SO RAN, 2011, pp. 86–92.
17. Sevast'yanov D.V., Shuvalov V.F., Neustrueva E.Yu. *Limnologiya i paleolimnologiya Mongolii* (Limnology and paleolimnology of Mongolia), Saint-Petersburg, Nauka, 1994, 304 p.
18. Isupov V.P., Vladimirov A.G., Lyakhov N.Z., Shvartsev S.L., Ariunbileg S., Kolpakova M.N., Shatskaya S.S., Chupakhina L.E., Kuibida L.V., Moroz E.N. *Doklady Akademii nauk*, 2011, vol. 437, no 1, pp. 85–89.
19. Ostrovskii Yu.V., Zabortsev G.M., Lyakhov N.Z., Isupov V.P. *Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya* (Химия в интересах устойчивого развития), 2012, vol. 20, no 6, pp. 707–712.
20. Markovich T.I., Razvorotneva L.I., Isupov V.P., Gilinskaya L.G., Vladimirov A.G. *Blagorodnye, redkie i radioaktivnye elementy v rudoobrazuyushchikh sistemakh: Materialy Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* (Noble, rare and radioactive elements in ore-forming systems: proceedings of all-Russian scientific conference with international participation), Novosibirsk, INGG SO RAN, 2014, 759 p.
21. Saduakasova A.T., Zelenin V.I., Samoilov V.I., Titov D.N. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Zelenaya ekonomika – budushchee chelovechestva»* Chast' V. 24–25 maya 2014 g. (Materials of the International scientifically-practical conference «Green economy – the future of humanity», part V, 24–25 may 2014), Ust-Kamenogorsk, 2014, pp. 377–386.
22. Sklyarova O.A., Sklyarov E.V., Men'shagin Yu.V., Danilova M.A. *Litii Rossii: Mineral'no-syr'evye resursy, innovatsionnye tekhnologii, ekologicheskaya bezopasnost'*: *Materialy Vserossiiskogo nauchno-prakticheskogo soveshchaniya s mezhdunarodnym uchastiem*, g. Novosibirsk, 24–26 maya 2011 g. (Lithium Russia: Mineral resources, innovative technology, environmental security: proceedings of all-Russian scientific and technical meetings with international participation, Novosibirsk, 24–26 may 2011), Novosibirsk, SO RAN, 2011, pp. 82–85.

