

Ш.Ж. Арынова^{1*}, Г.М. Омарова¹, Н.П. Корогод², И.Ю. Чидунчи¹,
 А.Б. Калиева¹, Р.Х. Курманбаев³, Б.У. Шарипова⁴

¹Торайгыров университеті, Қазақстан, Павлодар қ.

² Павлодар педагогикалық университеті, Қазақстан, Павлодар қ.

³ Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті, Қазақстан, Қызылорда қ.

⁴ Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті, Қазақстан, Көкшетау қ.

*e-mail: shinar_uzh@mail.ru

ПАВЛОДАР ОБЛЫСЫНЫҢ (ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ) ТАБИҒИ ТҰЩЫ СУЛАРЫНДАҒЫ ТҰЗДЫ ШӨГІНДІЛЕРІНІҢ СИРЕКЖЕР ЭЛЕМЕНТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Мақалада қоршаған ортаның табиғи және техногендік факторларының бірігіп әсер ету ықпалында болатын Павлодар облысының аумағына экологиялық-геохимиялық бағалау жүргізілген. Индикаторлық орта ретінде ауыз судың тұзды шөгінділерін пайдалану ұсынылады. Қақ үлгілерін зерттеу әдісі ретінде Томск политехникалық университетінде жүргізілген аспаптық нейтронды-белсендіру анализі алынды. Павлодар облысындағы ауыз судың тұзды шөгінділеріндегі сирекжер элементтерінің құрамы (La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) және элементтердің қатынасы (La/Ce, La/Yb, La + Ce/Sm + Eu, La + Ce/Yb) + Lu) анықталды. Ауыз сулардың тұзды шөгінділерінде сирекжер элементтерінің таралуын көрсететін карта схемасы жасалды, одан олардың негізінен облыстың солтүстік бөлігінің аумағында көптеп жиналуын көреміз. Бұл элементтердің түсу көзі табиғи-техногендік генезиске ие, яғни аймақтың осы бөлігінде титанцирконий шөгінділерінің болуына байланысты. Зерттелетін аумақта жеңіл лантаноидтердің ауыр лантаноидтерге қатынасы ауыз судың тұзды шөгінділерінде жеңіл лантаноидтердің басымдығын көрсетті, тек Баянауыл, Шарбақты, Ақтоғай аудандарының қақтарын қоспағанда.

Сирекжер элементтері мөлшерінің радиоактивті элементтерге қатынасы қақтардың негізінен жоғары уранды екендігін көрсетті, тек Ертіс ауданындағы ауыз судың тұзды шөгінділерін қоспағанда.

Түйін сөздер: сирекжер элементтері, геохимия, қақ, Павлодар облысы, элементтердің өзара байланысы.

S.Z. Arynova^{1*}, G.M. Omarova¹, N.P. Korogod², I.U. Chidunchi¹,
 A.B. Kaliyeva¹, R.H. Kurmanbayev³, B.U. Sharipova⁴

¹Toraighyrov university, Kazakhstan, Pavlodar

²Pavlodar pedagogical university, Kazakhstan, Pavlodar

³Korkyt ata Kyzylorda university, Kazakhstan, Kyzylorda

⁴Sh.Ualikhanov Kokshetau university, Kazakhstan, Kokshetau

*e-mail: shinar_uzh@mail.ru

Research of rare-earth elements in salt deposits of drinking water of the Pavlodar Region (Republic of Kazakhstan)

Ecologic and geochemical assessment of the territory of Pavlodar region, influenced by natural and anthropogenic factors of environment, is conducted in the article. Salt deposits of drinking water are proposed to be used as indicative environment. The research method is the instrumental neutron activation analysis of limescale samples, conducted in Tomsk Polytechnic University. Content of rare earth elements (La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) is assessed, and elemental ratio (La/Ce, La/Yb, La + Ce/Sm + Eu, La + Ce/Yb + Lu) in salt deposits of drinking water of Pavlodar region is defined. Schematic maps of distribution of rare earth elements in salt deposits of drinking water of Pavlodar region, which demonstrate preferential accumulation in the northern part of the region, were constructed. The source of the given elements is of a natural and anthropogenic genesis, caused by location of titanium-zirconium deposits in this part of region. Ratio of light lanthanides to heavy lanthanides demonstrates that salt deposits of drinking water of the research territory tends to light lanthanides, except for the limescale of Baynaul, Sharbakty, Aktogay districts. Ratio of the sum of rare earth elements to radioactive elements demonstrates that limescale is preferentially characterized as with high content of uranium, except for the salt deposits of drinking water from Irtyshsk district.

Key words: rare earth elements, geochemistry, limescale, Pavlodar region.

Ш. Ж. Арынова^{1*}, Г.М. Омарова¹, Н. П. Корогод², И.Ю. Чидунчи¹,
А.Б. Калиева¹, Р. Х. Курманбаев³, Б.У. Шарипова⁴

¹Торайгыров университет, Казахстан, г. Павлодар

² Павлодарский педагогический университет, Казахстан, г. Павлодар

³ Кызылординский университет имени Коркыт ата, Казахстан, г. Кызылорда

⁴ Кокшетауский университет имени Ш. Уалиханова, Казахстан, г. Кокшетау

*e-mail: shinar_uzh@mail.ru

Исследование редкоземельных элементов в солевых отложениях природных пресных вод Павлодарской области (Республика Казахстан)

В статье проведена эколого-геохимическая оценка территории Павлодарской области, находящейся под влиянием сочетанного воздействия природных и техногенных факторов среды. В качестве индикаторной среды предлагается использовать солевые отложения питьевых вод. Методом исследования проб накипи является инструментальный нейтронно-активационный анализ, проведенный в Томском политехническом университете. Проведена оценка содержания редкоземельных элементов (La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) и определено соотношение элементов (La/Ce, La/Yb, La + Ce/Sm + Eu, La + Ce/Yb + Lu) в солевых отложениях питьевых вод Павлодарской области. Построены карты схемы распределения редкоземельных элементов в солевых отложениях питьевых вод, которые показали преимущественное их накопление в северной части области. Источник поступления данных элементов имеет природно-техногенный генезис, обусловленный нахождением титан-циркониевых месторождений в этой части области. Отношение легких лантаноидов к тяжелым показал, что солевые отложения питьевых вод исследуемой территории тяготеет к легким лантаноидам, за исключением накипи Баянаульского, Щербактинского, Актогайского районов. Отношения суммы редкоземельных элементов к радиоактивным показал, что накипь преимущественно характеризуется как высокоурановое, за исключение солевых отложений питьевых вод Иртышского района.

Ключевые слова: редкоземельные элементы, геохимия, накипь, Павлодарская область, взаимосвязь элементов.

Кіріспе

Сирекжер элементтер – бұл 15 лантаноидтерден тұратын металдар тобы, кейде өзгеше геохимиялық ерекшеліктері байқалатын скандийді де жатқызады және әдетте ол бөлек қарастырылады. Сирекжер элементтері екі топқа бөлінеді: церийлі (жеңіл лантаноидтар), онда лантандық (La, Ce, Pr) және неодимдік (Nd, Sm, Eu, Gd) кіші топтарды бөледі; иттрийлі (ауыр лантаноидтар) ол диспрозиялы (Tb, Dy, Y, Ho) және иттербилі (Er, Tm, Yb, Lu) кіші топтардан тұрады [1].

Өнеркәсіптің түрлі салаларында (химия, силикат, мұнай-химия, қара және түсті металлургия, ядролық техника, электроника) [2] сонымен қатар ауыл шаруашылығында (микротоыңайтқыштар, инсектофунгицидтер) [3], медицинада (магнитті-резонанстық томография) [4], сирекжер элементтерін кеңінен пайдалану Қытайда (Баян Обо), АҚШ-та (Маунтин Пасс), Бразилияда (Буана-Норте) және т.б. ірі кен орындарының ашылуына ықпал етті.

Сирекжер элементтерін тұтынудың күрт өсуі қоршаған орта мен адам денсаулығына айтарлықтай әсер етеді [6-9].

Экологиялық-геохимиялық зерттеулерде қолданылатын индикаторлық орта ретінде, қыздыру аспаптарының ішкі қабырғаларында қайнау процесінен пайда болатын тұз шөгінділері (қақ) пайдаланылды [10-13]. Қақтың элементтік құрамын қарастырған көптеген зерттеулер, оны тек экологиялық-геохимиялық зерттеулерде ғана емес, сонымен қатар болжамды металлогендік мақсаттарда алтын, күміс және уранның мысалында, сондай-ақ аумақты медициналық-географиялық аудандастыру тәжірибесінде қолдану мүмкіндігін көрсетті.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу аумағы

Павлодар облысының аумағы сирекжер элементтердің қоршаған орта нысандарына түсетін негізі ластаушы көздерінің болуымен сипатталады. Осындай көздердің бірі облыстың оңтүстік-батыс бөлігіндегі көмір кен орындары болып табылады, оның көмірінің құрамында осы элементтер көп болып келеді. Бұл элементтер қоршаған ортаға көмірді жағу арқылы

түсуі мүмкін [14]. Сонымен қатар, шашылымды титанның Солтүстік Қазақстан провинциясы кен орны Павлодар облысының солтүстік-шығыс бөлігін тұтастай алып жатыр. Мұнда екі шағын темір-титан-цирконий кен орындары бар. Ол Өлеңті өзенінің сол жағалауында, екіншісі Талды кентінің солтүстік-батысындағы Дружба кен орны, ол геологиясы жағынан орта-жоғарғы эоценнің дружба қатқабатында жатыр [15-17].

Зерттеу аумағының урбандалған бөлігінде ірі өнеркәсіптік қалалар шоғырланған – Павлодар (жылу энергетикалық – ЖЭО 1,2,3, металлургиялық кәсіпорындар – «Қазақстан алюминийі» АҚ, «Қазақстан электролиз зауыты», кірпіш зауыттары – «Владивид» фирмасы ЖШС, «Астра тех», «Силикат Group PV», «Kaz Ziegel», мұнай-химия саласының кәсіпорындары – «ПМХЗ» ЖШС, «Нефтехим LTD Компаниясы», агроөнеркәсіптік кешендер-«Қызылжар-Құс» құс фабрикасы, шошқа кешені – «Руби-КОМ кәсіпорыны» ЖШС), Ақсу (металлургия өнеркәсібі – Ақсу феррокорытпа зауыты), Екібастұз (көмір өнеркәсібі – «Боғатырь Көмір» ЖШС, «Гамма», Екібастұз МАЭС станциясы 1).

Зерттеу нысаны мен әдісі

Жұмыс ауқымды нақты материалдарға сүйенеді – Павлодар облысының аумағында жиналған және зерттелген 207 сынамаға негізделеді. Ауыз судың тұзды шөгінділері (қак) №2298212 патентіне [18] сәйкес эмальданған ыдыс қабырғаларынан тот баспайтын болаттан жасалған пышақпен ұқыпты түрту арқылы алынады. Қакты сынама дайындау: бөлме температурасында кептіріліп, ағат ерітіндісінде ұнтақ күйіне дейін ысқыланды, 100 мг қаптамаға буып-түйілді.

Ауыз сулардағы тұзды шөгінділер сынамаларының химиялық құрамы Томск политехникалық ұлттық зерттеу университеті Л.П. Рихванов атындағы «Уран геологиясы» Халықаралық инновациялық ғылыми-білім беру орталығының ИРТ-Т ядролық зерттеу реакторы базасының (27.05.2015 ж. №RA.RU.21AB27 аккредиттеу аттестаты) ядролық-геохимиялық зертханасында аспаптық нейтрондық-белсендіру әдісімен анықталды, талдамалық зерттеулер жүргізген қызметкерлер – Судыко А.Ф., Богутская Л.В.).

Алынған деректерді түсіндіру және талдау үшін STATISTICA 8 және Excel бағдарламаларын қолдана отырып, орташа статистикалық параметрлерге стандартты талдау жүргізілді. Табиғи тұщы сулардың тұзды шөгінділерінде химиялық

элементтердің кеңістіктік таралу карталарын құру ArcGis, Google Earth геоақпараттық бағдарламалық өнімінің көмегімен жүзеге асырылды. Мәндерді жіктеу кезінде сыныптардың өзіндік аралықтарын анықтау үшін «Қол әдісі» қолданылды. Деңгейлер диапазондарының шекаралары 2-3 стандартты қателерді қосу арқылы біз білетін орташа арифметикалық негізде құрылды. Арифметикалық орташа мәндерге дейінгі интервалдар жасыл түске боялған, сонымен қатар 2-3 стандартты қателер сары және одан жоғары диапазондағы мәндер қызыл түске боялған.

Қалыпты таралу заңы туралы гипотезаны тексеру үшін Стьюдент, Колмогоров-Смирнов (параметрлік) және Манн – Уитни U-тестінің (параметрлік емес) өлшемдері қолданылды. Химиялық элементтер арасында корреляциялық байланыстың болуы туралы гипотезаны тексеру үшін сәйкесінше – Пирсон мен Спирманның параметрлік және параметрлік емес өлшемдер қолданылды, $r=0,05$ маңыздылық деңгейінде қолданылды [19].

Индикаторлық көрсеткіштерді анықтау үшін: La/Ce, La/Yb, La+Ce/Sm+Eu, La/Ce, Yb/Lu элементтерінің арақатынасы, сондай – ақ, $\Sigma P3Э = La+Ce+Sm+Eu+Tb+Yb+Lu$ сирекжер элементтерінің қосындысы қолданылды.

Нәтижелер және оларды талқылау

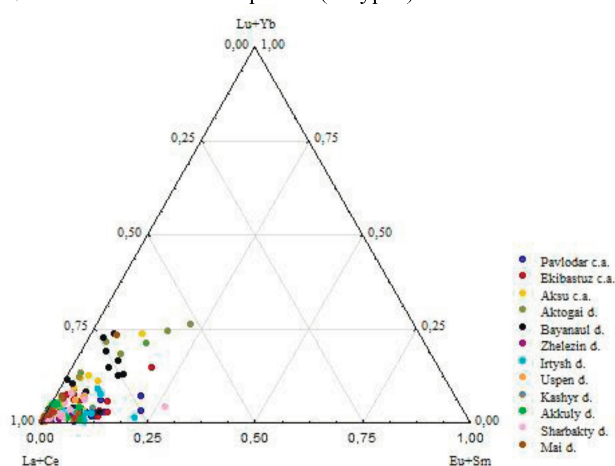
1-кестеде сирек кездесетін элементтер құрамының статистикалық деректері, сондай-ақ ауыз судың тұзды шөгінділеріндегі лантаноидтердің қатынасы көрсетілген. Вариация индикаторын талдау көрсеткендей, ауыз судың тұзды шөгінділеріндегі еуропий, самария, тербийдің біркелкі таралуы қалыпты таралудың теориялық заңына сәйкестігін көрсетеді. Қалған химиялық элементтер үшін (Ce, Yb, Lu) таралу өрісі сараланған, бұл табиғи және техногендік факторлардың аралас әсерін көрсетеді. Лантаноидтердің қатынасы әртүрлі бағытта жүреді, La+Ce/Yb+Lu үшін максималды амплитудалар 36,7-ге тең, ал La/Ce қатынасы әлсіз сараланған. Павлодар облысының ауыз суларының тұзды шөгінділерінде еуропий, тербиум, лютеций ең аз мөлшерде кездеседі. Томбы облысының тұзды шөгінділерімен салыстырғанда Павлодар облысының қақтарында лантанның жоғары концентрациясы 4 есе көп [20]. Сирекжер элементтерінің арақатынасы оларды саралау үшін пайдаланылады, сонымен қатар геохимиялық жағдайлардың өзгеруінің индикаторы ретінде қолданылады. Аумақтың La-Yb мамандануын La/Yb (21,8) мәнінің жоғары болуы растайды.

1-кесте – Павлодар облысының аумағындағы ауыз судың тұзды шөгінділеріндегі сирекжер элементтерінің құрамы мен олардың қатынастарының статистикалық мәліметтері

Элементтер	Тұздышөгінділер $\frac{X \pm \lambda}{\min \dots \max}$	Вариация коэффициенті (V)
Лантан (La)	$\frac{2,1 \pm 0,03}{0,001 \dots 28,3}$	56
Церий (Ce)	$\frac{3 \pm 0,3}{0,08 \dots 18,6}$	79
Самарий (Sm)	$\frac{0,3 \pm 0,1}{0,002 \dots 16,2}$	23
Европий (Eu)	$\frac{0,02 \pm 0,004}{0 \dots 0,4}$	43
Тербий (Tb)	$\frac{0,04 \pm 0,006}{0,003 \dots 0,8}$	48
Иттербий (Yb)	$\frac{0,1 \pm 0,01}{0,001 \dots 0,9}$	53
Лютеций (Lu)	$\frac{0,04 \pm 0,003}{0 \dots 0,2}$	97
La/Ce	0,7	-
La/Yb	21,8	-
La+Ce/Sm+Eu	14,8	-
La+Ce/Yb+Lu	36,7	-

Ескерту: алымында – орташа арифметикалық \pm стандартты қате, бөлімінде – минималды және максималды мән.

Жеңіл лантаноидтердің ауыр лантанидтерге қатынасын талдау қақтың құрамында жеңіл лантаноидтердің көп жиналатынын көрсетті (1-сурет).



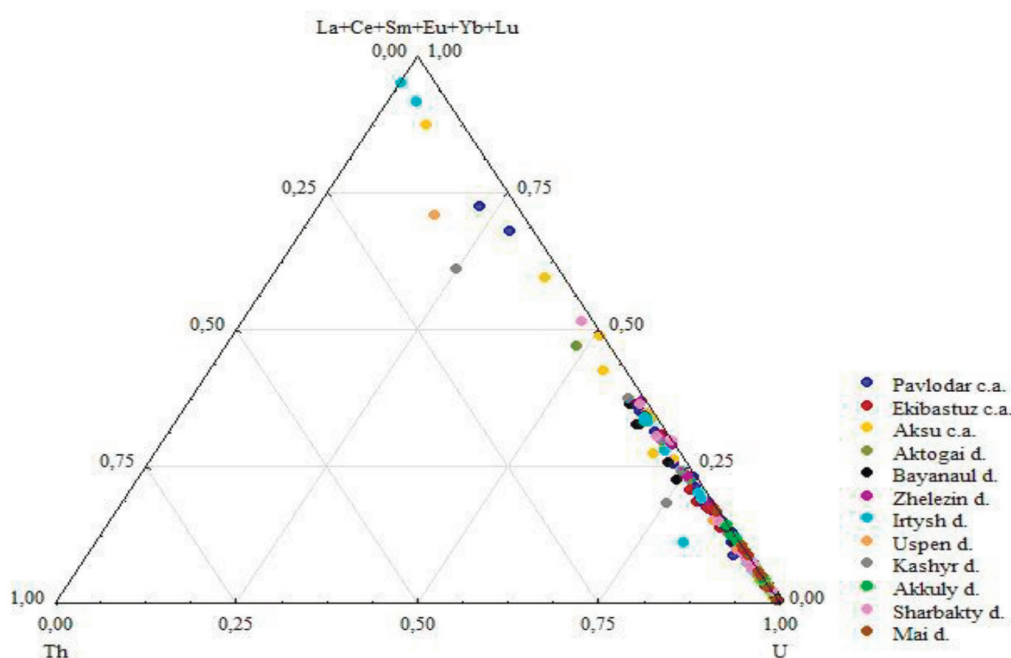
1-сурет – Павлодар облысының тұщы су қағының құрамындағы жеңіл және ауыр лантаноидтердің арақатынасының үш еселенген диаграммасы

Осы елді мекендер тобынан Ақтоғай, Шарбақты, Баянауыл аудандарын, сондай-ақ химиялық құрамында ауыр лантаноидтері басым қақтары бар қалалық сынамааларды бөліп алып көрсетуге болады. Мысалы, Баянауыл ауданында уран мен торийдің ұсақ кен орындары, сондай-ақ аляскит және қалыпты гранит, риолит массивтері шоғырланған [21].

Радиоактивті элементтердің (торий, уран) қатынасы мен сирекжер элементтерінің қосындысын зерттеу көп ақпарат береді. Табиғи тұщы

сулардың тұзды шөгінділері үшін Павлодар облысының ауыз суларының тұзды шөгінділері төменгі торийлік болып келеді, яғни құрамында уранның жоғары мөлшері байқалады. Жоғары мандердің болуы сирекжер элементтермен уранға байытылған қоңыр көмірлі Майкөбе және Екібастұз кен орындарының әсеріне байланысты.

Павлодар қ.ә., Ақсу, Қашыр, әсіресе Ертіс аудандарының қақтарының құрамында сирекжер элементтер жоғары болып келеді (2-сурет).



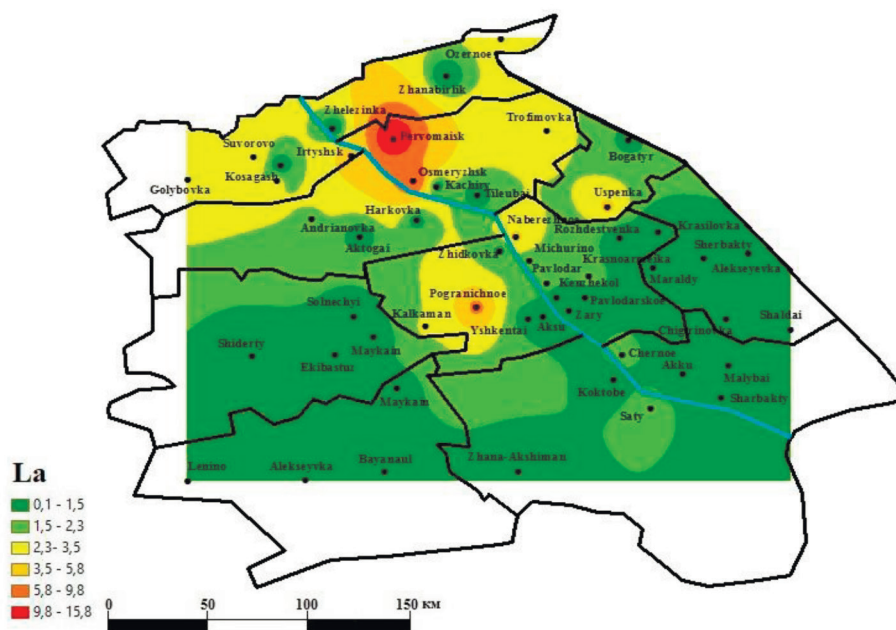
2-сурет – Павлодар облысы аудандарының тұщы су қағының құрамындағы торий, уран және сирекжер элементтері қосындысының қатынасын көрсететін үштік диаграмма

Павлодар облысының ауылдық елді мекендеріндегі ауыз судағы қақты зерттеу мәліметтері бойынша салыстыру кезінде құрамында бір қатар элементтер жоғары бірнеше аудандарды бөліп көрсетуге болады.

Аймақтың солтүстік және солтүстік-батыс бөлігінің қақтарындағы сирекжер элементтердің жинақталу деңгейі, сирек металл-сирекжер элементтердің үгілу қабығында болуымен немесе

титан-цирконий шашыранды кендерінің таралуымен байланысты.

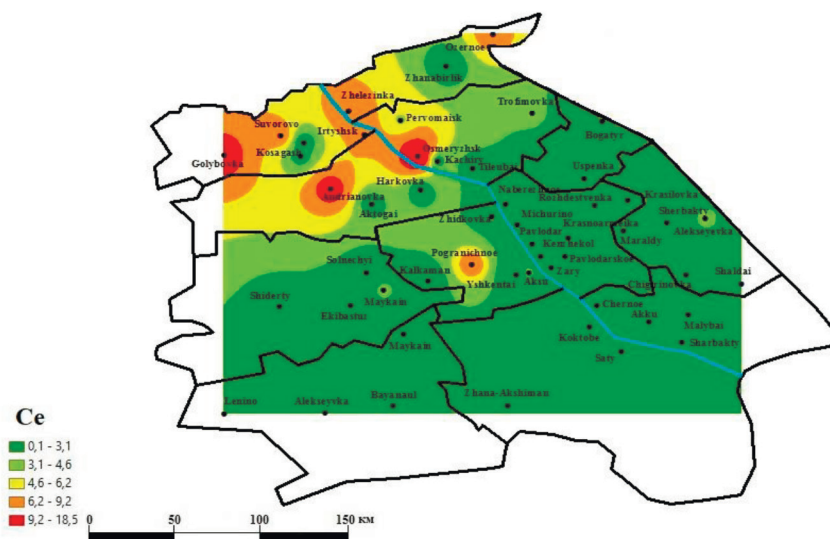
Қақир ауданы Первомайск ауылының ауыз суының тұзды шөгінділерінде лантанның максималды мөлшері (15,8 мг/кг) байқалды. Ақсу қ., Ақтоғай, Успен, Ертіс, Қашыр, Железин ауданының қақтарындағы лантанның мөлшері 2,3-тен 5,8 мг/кг-ға дейін (3 сурет).



3-сурет – Павлодар облысындағы тұщы су қағындағы лантанның таралу картасы, мг/кг

Ақсу қ. (Пограничное – 9 мг/кг), Ақтоғай (Андриановка ауылы – 12,6 мг/кг), Ертіс (Ертіс ауылы – 8,1 мг/кг, Голубовка ауылы – 12,2 мг/кг), Качир (Осьмерыжск ауылы – 18,5 мг/кг) Же-

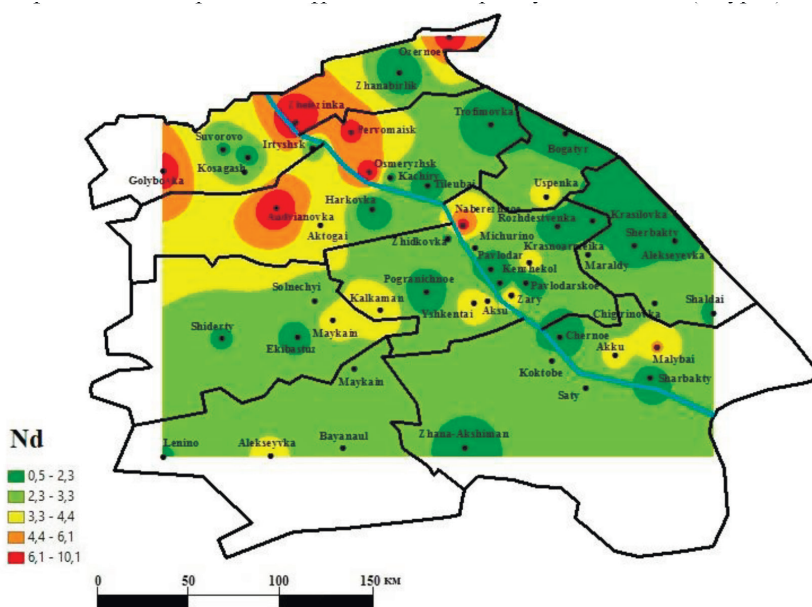
лезин (Железинка ауылы – 9,3 мг/кг, Озерное ауылы – 8,1 мг/кг) аудандарының ауыз суларының тұзды шөгінділерінде церийдің максималды мөлшері байқалады (4 сурет).



4-сурет – Павлодар облысының тұщы су қақтарында церийдің таралу картасы, мг/кг

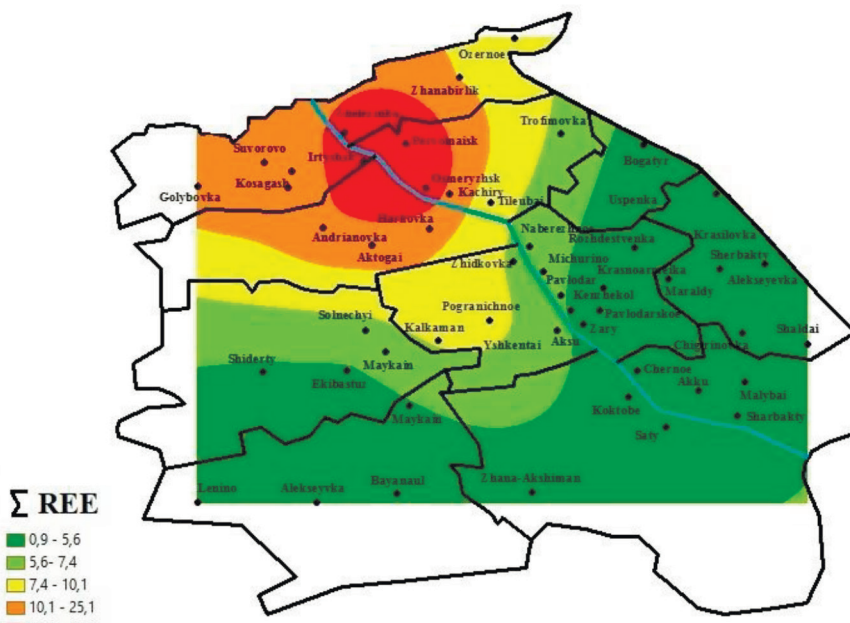
Павлодар қ. (Набережное ауылы – 7,1 мг/кг), Ақтоғай ауданы (Андриановка ауылы – 9,6 мг/кг), Ертіс ауданы (Голубовка ауылы – 7,3 мг/кг), Железин ауданы (Железинка ауылы

–10,1 мг/кг), Қашыр ауданы (Первомайс ауылы –7 мг/кг, Осьмерыжск ауылы – 7,9 мг/кг) ауыз суларының тұзды шөгінділерінде Nd құрамының жоғарылауы байқалады (5 сурет).



5-сурет – Павлодар облысының тұщы су қақтарында неодимийдің таралу картасы, мг/кг

Ақсу қ., Ақтоғай, Қашыр, Ертіс, Железин аудандары ауыз суының тұзды шөгінділеріне зерттелген сирекжер элементтері тән (6 сурет).



6-сурет – Павлодар облысының тұщы су қақтарында сирекжер элементтерінің жалпы қосындысының таралу картасы, мг/кг

Қорытынды

Павлодар облысының аумағындағы ауыз судың тұзды шөгінділерінде сирекжер элементтерінің (La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) орташа құрамы анықталды.

Зерттелген элементтердің жеңіл-ауыр лантаноидтер, торий-уран жүйесінде таралуын талдау сирек кездесетін элементтердің қосындысы зерттелген химиялық элементтерге геохимиялық мамандандырылған аумақтарды анықтауға мүмкіндік берді. Қақтағы сирек кездесетін элементтердің кеңістіктік таралуы негізінен облыстың солтүстік бөлігіне тән. Масштаптағы зерт-

телген элементтердің жоғары концентрациясы табиғи-техногендік генезиске ие.

Осылайша, қақтағы зерттелген элементтердің мазмұны мен арақатынасы қоршаған ортаның экологиялық-геохимиялық жағдайын бағалаудың ақпараттық көрсеткіштері болып табылады.

Мүдделер қақтығысы

Авторлар Томск политехникалық университетінің профессоры, геология-минералогия ғылымдарының докторы Рихванов Леонид Петровичке осы зерттеу барысында үнемі қолдау көрсеткені үшін алғыс айтады.

Әдебиеттер

3" Михайлов В.А. Редкоземельные руды мира: Геология, ресурсы, экономика: монография. – К.: Издательско полиграфический центр «Киевский университет», 2010. – 223 с.

4"Chen Z. Global rare earth resources and scenarios of future rare earth industry // Journal Rare Earths. – 2011.– № 29. – P. 1 – 6. T

5"Vommasi F., Thomas J.P., Pagano G., Perono A.G., Oral R., Lyons M.D., Toscanesi M., Trifuoggi M. Review of rare earth elements as fertilizers and feed additives: a knowledge gap analysis // Archives of environmental contamination and toxicology. – 2021. –P. 531 – 540

6"Haque N., Hughes A., Lim S., Vernon C. Rare earth elements: overview of mining, mineralogy, uses, sustainability and environmental impact // Resources. – 2014. – P. 614–635

7"Wubbeke J. Rare earth elements in China: policies and narratives of reinventing an industry // Resources Policy. – 2013. – P. 384–394

8"Ascenzi P., Bettinelli M., Boffi A., BottaG.De., Luchinat C., Marengo E., Mei H., Aime S. Rare earth elements (REE) in biology and medicine // Rendiconti Lincei. ScienzeFisiche e Naturali. – 2020

9"Rim T. K. Effects of rare earth elements on the environment and human health: A literature review // Toxicology and environmental health sciences. – 2016. – P. 189-200

: "Naymanbayev M., Lokhova N., Baltabekova Z. Classification of raw sources of rare – earth elements in Kazakhstan. Journal of materials science and engineering. –2013. –P. 326–330

; "Rzymiski P., Klimaszuk P., Niedzielski P., Marszalewski W., Borowiak D., Nowinski K., Baikenzheyeva A., Kurmanbayev R., Aladin N. Pollution with trace elements and rare-earth metals in the lower course of Syr Darya river and small Aral sea, Kazakhstan. –"Chemosphere. 2019. – P. 81–88

32"Робертус Ю.В., Рихванов Л.П., Соктоев Б.Р. Особенности химического состава солевых отложений подземных питьевых вод Республики Алтай // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 324. – № 1. – С. 190-195.

33"Монголина Т.А. Геохимические особенности солевых отложений (накипи) питьевых вод как индикатор природно-техногенного состояния территории: автореф. дис. ... канд. геол.- мин. наук: 25.00.36. – Томск, 2011. – 21 с.

34"Farkhutdinov I., Soktoev B., Zlobina A., Farkhutdinov A., Chaosheng Z., Chesalova E., Belan L., Volfson I. Influences of geomical factors on the distribution of uranium in drinking water limescale in the junction zone of the East European Platform and the Southern Urals// Chemosphere. – 2021. P.282

35"Soktoev B. R., Rikhvanov L. P., Baranovskaya N. V., Arynova S. Z. Geochemical features of limescale as an indicator of drinking water quality and factor of influence on public health // MedGeo2015: Book of Abstracts of the 6th International Conference on Medical Geology. – Aveiro: UA Editora, 2015. – P. 108.

14 Арбузов С.И., Чекрыжов И.Ю., Сунь Юйчжуан, Жао Цунлян, Машенькин В.С., Ильенок С.С., Иванов В.В., Блохин М.Г., Зарубина Н.В. Редкоземельные элементы (La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) в углях Северной Азии (Сибирь, российский Дальний Восток, Северный Китай, Монголия, Казахстан) // Геосферные исследования. –2017.–№ 4.–С. 6– 27.

15 Абдрахманов К.А., Сушко С.М. Прогнозирование и выявление крупных месторождений урана в Северо-Казахстанской уран-золото-редкометалльно-редкоземельно-алмазной провинции // Известия Национальной академии наук РК. Серия гео-логия и технических наук. – 2011. – № 6. – С. 24–37.

16 Абдулина А.А., Воцалевский Э.С., Мирошниченко Л.А., Даукеева С.Ж. Месторождение титана Казахстана: справочник, второе издание. – Алматы: Информационно-аналитический центр геологии и минеральных ресурсов РК, 2014. – 153 с.

17 Сапарғалиев Е.М., Азельханов А.Ж., Кравченко Е.С., Суйекпаев Е.С., Дьячков Б.А. Перспективы практического значения комплексного освоения бедных титан-циркониевых россыпей и кор выветривания Казахстана // Недропользование. –"2021. – Т. 21. – № 1. – С. 17-22.

18 Способ определения участков загрязнения ураном окружающей среды: патент Рос. Федерация № 2298212; заявл. 04.07.2005; опубл. 27.04.2007, Бюл. № 12. – 6 с.

19 Боровиков В. П. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере. – Санкт-Петербург: Питер, 2003. – 688 с.

20 Барановская Н.В., Агеева Е.В., Соктоев Б.Р., Наркович Д.В., Денисова О.А., Матковская Т.В. Редкоземельные и радио-активные (Th, U) элементы в компонентах природной среды на территории Томской области // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – № 2. – С. 17-28.

21 Каюков П.Г., Ефремов Г.Ф., Пасысаев В.А., Галактионов А.Ф. Отчет по мероприятию «Изучение радиационной обстановки на территории Республики Казахстан» (результаты работ за период 2004-2008 гг.). – Алматы, 2008. – 99с.

References

1 Mihajlov V.A. “Redkozemel’nye rudy mira: Geologiya, resursy, ekonomika: monografiya [Rare earth ores of the world: geology, resources, economics: monograph].” K.: Izdatel’sko-poligraficheskij centr “Kievskij universitet”. (2010). 223 s.

2 Chen Z. “Global rare earth resources and scenarios of future rare earth industry.” *Journal Rare Earths*. 2011. № 29. P. 1–6

3 Tommasi F., Thomas J.P., Pagano G., Perono A.G., Oral R., Lyons M.D., Toscanesi M. and Trifuoggi M. “Review of rare earth elements as fertilizers and feed additives: a knowledge gap analysis.” *Archives of environmental contamination and toxicology*. (2021). 531–540

4 Haque N., Hughes A., Lim S. and Vernon C. “Rare earth elements: overview of mining, mineralogy, uses, sustainability and environmental impact.” *Resources*. (2014). P. 614–635

5 Wubbeke J. “Rare earth elements in China: policies and narratives of reinventing an industry”. *Resources Policy*. (2013). P. 384–394

6 Ascenzi P., Bettinelli M., Boffi A., Botta G., De Luchinat C., Marengo E., Mei H. and Aime S. “Rare earth elements (REE) in biology and medicine.” *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*. (2020)

7 Rim T. K. “Effects of rare earth elements on the environment and human health: A literature review.” *Toxicology and environmental health sciences*. (2016). P. 189–200.

8 Naymanbayev M., Lokhova N. and Baltabekova Z. “Classification of raw sources of rare – earth elements in Kazakhstan.” *Journal of materials science and engineering*. (2013). P. 326-330

9 Rzymyski P., Klimaszuk P., Niedzielski P., Marszelewski W., Borowiak D., Nowinski K., Baikenzheyeva A., Kurmanbayev R. and Aladin N. “Pollution with trace elements and rare-earth metals in the lower course of Syr Darya river and small Aral Sea, Kazakhstan.” *Chemosphere*. (2019). P. 81–88

10 Robertus YU.V., Rihvanov L.P. and Soktoev B.R. “Osobennosti himicheskogo sostava solevyh otlozhenij podzemnyh pit’evyh vod Respubliki Altaj [Features of the chemical composition of salt deposits of underground drinking waters of the Altai Republic]”. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. (2014). T. 324. No 1. S. 190-195.

11 Mongolina T.A. “Geohimicheskie osobennosti solevyh otlozhenij (nakipi) pit’evyh vod kak indikator prirodno-tekhnogenogo sostoyaniya territorii: avtoref. dis. ... kand. geol.- min. nauk: 25.00.36 [Geochemical features of salt deposits (scale) of drinking water as an indicator of the natural and man-made state of the territory]”. Tomsk, 2011. 21 s.

12 Farkhutdinov I., Soktoev B., Zlobina A., Farkhutdinov A., Chaosheng Z., Chesalova E., Belan L. and Volfson I. “Influences of geological factors on the distribution of uranium in drinking water limescale in the junction zone of the East European Platform and the Southern Urals.” *Chemosphere*. (2021). 282 P.

13 Soktoev B. R., Rikhvanov L. P., Baranovskaya N. V. and Arynova S. Z. “Geochemical features of limescale as an indicator of drinking water quality and factor of influence on public health.” *MedGeo2015: Book of Abstracts of the 6th International Conference on Medical Geology*. Aveiro: UA Editora. (2015). P. 108.

14 Arbuzov S.I., Chekryzhov I.YU., Sun’ Yujchzhuan, Zhao Cunlyan, Mashen’kin V.S., Il’enok S.S., Ivanov V.V., Blohin M.G. and Zarubina N.V. “Redkozemel’nye elementy (La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) v uglyah Severnoj Azii (Sibir’, rossijskij Dal’nij Vostok, Severnyj Kitaj, Mongoliya, Kazahstan) [Rare earth elements (La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) in the coals of Northern Asia (Siberia, Russian Far East, Northern China, Mongolia, Kazakhstan)]”. *Geosfernye issledovaniya*. 2017. no 4.

15 Abdrahmanov K.A., Sushko S.M. “Prognozirovaniye vyyavlenie krupnyh mestorozhdenij urana v Severo-Kazahstanskoy uran-zoloto-redkometall’no-redkozemel’no-almaznoj provincii [Forecasting and identification of large uranium deposits in the North Kazakhstan uranium-gold-rare metal-rare earth-diamond province]”. *Izvestiya Nacional’noj akademii nauk RK. Seriya geologiya i tekhnicheskikh nauk*. (2011). no 6. S. 24–37.

16 Abdulina A.A., Vocalevskij E.S., Miroshnichenko L.A. and Daukeeva S.Zh. “Mestorozhdenie titana Kazahstana: spravochnik, vtoroje izdanie [Kazakhstan’s titanium deposit: handbook, second edition]”. Almaty: Informacionno-analiticheskij centr geologii i mineral’nyhr usursov RK. (2014). 153 s.

17 Sapargaliev E.M., Azel’hanov A.Zh., Kravchenko E.S., Sujekpaev E.S. and D’yachkov B.A. “Perspektivy prakticheskogo znacheniya kompleksnogo osvoeniya bednyh titan-cirkonievyh rossypeji kor vyvetrivaniya Kazahstana [Prospects of practical significance of complex development of poor titanium-zirconium placers and weathering crust of Kazakhstan]”. *Nedropol’zovanie*. (2021). T. 21. No1. S. 17–22.

18 “Sposob opredeleniya uchastkov zagryazneniya uranom okruzhayushchej sredy” [Method for determining areas of environmental uranium contamination], patent Ros. Federaciya № 2298212; zavavl.04.07.2005; opubl.27.04.2007, Byul.no 12. 6 s.

19 Borovikov V. P. “Statistica. Iskusstvo analiza dannyh nakomp'yutere [Statistica. The art of data analysis on a computer].” Sankt-Peterburg: Piter. (2003). 688 s.

20 Baranovskaya N.V., Ageeva E.V., Soktoev B.R., Narkovich D.V., Denisova O.A., Matkovskaya T.V. “Redkozemel’nye i ra-dioaktivnye (Th, U) elementy v komponentah prirodnoj sredy na territorii Tomskoj oblasti [Rare-earth and radioactive (Th, U) elements in the components of the natural environment on the territory of the Tomsk region]”. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. (2020). T. 331. No 2. S. 17-28.

21 Kayukov P.G., Efremov G.F., Pasysaev V.A. and Galaktionov A.F. “Otchet po meropriyatiyu «Izuchenie radiacionnoj ob-stanovki na territorii Respublike Kazahstan» (rezul’taty rabot za period 2004-2008 gg.) [Report on the event “Study of the radiation situation on the territory of the Republic of Kazakhstan”].”Almaty. (2008). s. 99.