

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ  
КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ МЕДИ, ЦИНКА, КОБАЛЬТА, НИКЕЛЯ И  
СЕРЕБРА В ЧЕРНЫХ СЛАНЦАХ ДУРУДЖИНСКОЙ ЗОНЫ  
ЮЖНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КАВКАЗА (АЗЕРБАЙДЖАН)**

**Ч. М. Кашкай, С. А. Зейналова, Р. Б. Керимов, Н. М. Абдуллаева, А. Н. Агаев, З. Р. Джафаров**

*Институт Геологии и Геофизики Национальной Академии Наук Азербайджана, Баку*

Поступила в редакцию 6 апреля 2017 г.

**Аннотация:** в данной работе впервые исследовано поведение металлов (меди, цинка, кобальта, никеля и серебра) в системе водный раствор – порода черносланцевого типа. Сравнительное изучение сорбции ионов меди, цинка, кобальта, никеля и серебра на образце черносланцевой породы из Дуруджинской зоны Южного склона Большого Кавказа (Азербайджан), представляющим собой мультиминеральную систему, компонентами которой являются монтмориллонит, иллит, хлорит, альбит, гипс, кварц, пирит, углеродистое вещество, показало, что исследуемый образец обладает высокой сорбционной способностью по отношению к ионам указанных металлов. Анализ экспериментальных результатов (изменение pH растворов, форма существования ионов металлов в процессе сорбции, формы изотерм сорбции в кинетическом и динамическом режимах, величина десорбции и др.) и литературных данных свидетельствуют о сложном гибридном характере сорбции, в которой участвуют активные центры сорбента различной природы, принадлежащие минеральным компонентам исследованного образца черносланцевой породы.

Высказано предположение о возможных механизмах концентрации меди, цинка, кобальта, никеля и серебра в черносланцевых породах за счет ионообмена (на глинистых минералах, образования новых сульфидных фаз ( $CuS_2$  и др. на пирите), а также за счет образования координационной связи между донорами d-электронов ионами Cu (II), Zn (II), Co (II), Ni (II), Ag (I) и акцепторами электронов атомами N, O, S, содержащимися в углеродистом веществе. Из сказанного следует, что сорбционная способность пород черносланцевого типа по отношению к различным металлам может служить основой прогнозирования и поиска в них зон концентрации одного или целого ряда металлов.

**Ключевые слова:** черные сланцы, изотермы сорбции, медь, цинк, кобальт, никель, серебро.

**EXPERIMENTAL STUDY OF COPPER, ZINC, COBALT, NICKEL AND SILVER  
CONCENTRATION PROCESSES IN BLACK SHALES OF DURUJI ZONE  
OF THE GREATER CAUCASUS SOUTH SLOPE (AZERBAIJAN)**

**Annotation:** for the first time in the work studies metals behavior (copper, zinc, cobalt, nickel and silver) in water solution system – black shale rock. Comparative study of ions sorption of copper, zinc, cobalt, nickel and silver on the example of black shale rock from Duruji zone of the Greater Caucasus South Slope (Azerbaijan) which is multimineral system with the following components – montmorillonite, illite, chlorite, albite, gypsum, quartz, pyrite, carbon – base matter demonstrated that test sample possesses a high sorption ability towards the ions of abovementioned metals. Analysis of test results and reference information (change of PH solutions, existence form for metals ions in process of sorption, forms of sorption isotherms in Kinetic and dynamic regimes, desorption value, etc) show a complex hybrid nature of sorption where active centers of various sorbents referring to mineral components of black shale rock studied sample.

One can suppose of possible mechanisms of concentration for copper, zinc, cobalt, nickel and silver in black shale rocks according to ion exchange (on clayey minerals formation of new sulphide phases  $Cu S_2$  and others on pyrite) and also according to formation of coordination connection between donors d – ions electrons Cu (II), Zn (II), Co (II), Ni (II), Ag (I) and acceptors – atoms electrons N, O, S containing in carbon – base matter. This means the sorption ability of black shale rocks towards different metals can be basis in prediction and search for zones with concentration of one or a number of metals.

**Key words:** black - shale rocks, sorption isotherms, copper, zinc, cobalt, nickel, silver.

### Введение

Природные минералы: глинистые (монтмориллонит, иллит, хлорит), углеродные (шунгит), сульфидные (пирит), содержащие соответственно алюмосиликаты, углеродистое вещество, сульфиды и др., обладающие повышенной сорбционной способностью по отношению к различным металлам (меди, цинку, марганцу, железу, кобальту, никелю, урану, ванадию, золоту, серебру и МПГ), в основном исследуются, как сорбенты для извлечения металлов из природных и сточных вод предприятий химической и металлургической промышленности [1-5].

Исследование сорбционных свойств черносланцевых пород представляет интерес в аспекте выяснения механизма концентрирования на них цветных и благородных металлов, их роли как геохимического барьера в генезисе месторождений, возможного прогнозирования формирования будущего месторождения того или иного химического элемента. В Азербайджане черносланцевые толщи широко распространены на Южном склоне Большого Кавказа, в пределах которого Дуруджинская зона представляет интерес как зона потенциального золотооруденения [6,7]. В сланцах этой зоны отмечается также повышенное содержание ванадия [8]. Изучение условий нахождения и механизма концентрирования металлов в черносланцевых породах является одним из актуальных направлений исследования пород данного типа.

Целью данной работы было систематическое изучение на начальном этапе сорбции ионов цинка (II), меди (II), кобальта (II), никеля (II) и серебра (I) на образце черносланцевой породы Дуруджинской зоны.

### Материал и методика изучения

Минералогический состав исследуемого порошкообразного образца определяли рентгенофазовым методом на рентгеновском дифрактометре *Rentgen diffractometric "D-8 Advance"*. Химический состав образца определяли силикатным анализом и рентгенофлуоресцентным методом.

Наличие и содержание углеродистого (УВ) вещества в исследуемом образце определяли термографически и ИК-спектрофотометрически. В среднем содержание УВ составляет примерно 5%.

Определение сорбционных свойств исследуемого образца проводили при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$  и давлении около 1 атм в сорбционной колонке, представляющей собой прозрачную пластичную трубу, диаметром 32 мм, длиной 3 м, заполненную 3 кг исследуемого образца черносланцевой породы. Через сорбционную колонку пропускали модельный раствор, содержащий до 2 мг/л Zn (II), Cu (II), Co (II), Ni (II) и Ag (I). Изучение сорбции каждого из указанных металлов индивидуально проводили в двух вариантах. По пер-

вому варианту 100 мл соответствующего металла различной концентрации пропускали в течении 12 часов через стеклянную сорбционную колонку, заполненную 10 г исследуемого образца. По второму варианту навеску исследуемого образца перемешивали в течение 3 часов в колбе с раствором металла и после разделения фаз определяли равновесную концентрацию иона металла в растворе. Растворы готовили растворением точных навесок сульфатных солей квалификации «хч» соответствующих металлов в дистиллированной воде. Концентрацию ионов металлов в растворах контролировали на приборе фирмы *Brucker "S2PICOFox"*, pH растворов измеряли прибором pH – 320.

### Обсуждение результатов

Анализ порошковых рентгеновских дифрактограмм показал, что исследуемый образец черносланцевых пород представляет собой полиминеральную систему, компонентами которой, в основном, являются кварц, монтмориллонит, иллит, хлорит, пирит, альбит, гипс.

Средний химический состав исследуемого образца представлен в таблице.

Природные минералы, содержащиеся в исследуемом образце черносланцевых пород, обладают определенной сорбционной способностью по отношению к металлам.

*Кварц-альбит-хлоритовый* сланец использован для сорбции тяжелых металлов, отмечается, что на кварце извлечение тяжелых металлов протекает по принципу физической адсорбции путем сорбции их на активных центрах поверхности, при этом тяжелые металлы поверхностью не удерживаются и удаляются промыванием дистиллированной водой [9].

*Монтмориллонит, иллит, хлорит* относятся к слоистым силикатам структурного типа 2:1 (монтмориллонит, иллит) и 2:1:1 (хлорит) [10].

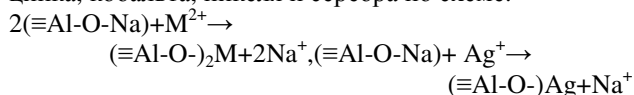
В результате замещения трехвалентных алюминия и железа на двухвалентные магний и железо в октаэдрическом слое и четырехвалентного кремния на трехвалентный алюминий в тетраэдрическом слое, трехслойный пакет приобретает отрицательный заряд, который нейтрализуется сорбцией на поверхности обменных одно- и двухвалентных катионов ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ). Сорбционные процессы на различных по свойствам поверхностях (двух на внешней стороне и одной внутри кристалла) происходят по трем механизмам: 1) по типу замещения катионов обменного катионного комплекса; 2) с помощью «оборванных» связей на краях и углах, сдвиговых ступенях роста кристаллов монтмориллонита; 3) замещения водорода наружного гидроксильного катиона [11,12].

Таблица

Средний химический состав исследуемого образца

Оксид	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	ппп
Содер/ % вес.	47,75	0,792	16,78	10,20	0,064	3,62	2,31	3,71	1,14	0,0201	5,58	7,7

Сорбционные свойства иллитов и хлоритов в значительной степени связаны с разрушенными связями, у монтмориллонита – всего лишь 20% [13]. Участвующими в катионном обмене являются катионы натрия, калия, кальция, магния, но двухзарядные кальций и магний входят в состав глинистых минералов в основном в качестве структурообразующих [14]. Кроме того, по правилу электроселективности сорбционная способность увеличивается с возрастанием заряда иона и предпочтительным в результате является замена  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  на двухвалентные катионы меди, цинка, кобальта, никеля и серебра по схеме:



*Пирит и углеродистое вещество*, являющиеся основными компонентами пород черносланцевого типа, играют роль своеобразных концентраторов золота, серебра и металлов платиновой группы, а также Zn, Co, Ni и других металлов [16]. Установлено, что при сорбции меди из растворов на поверхности пирита образуется новая фаза –  $\beta$ -халькозин [17]. Сорбции благородных металлов, в том числе и ионов серебра (I), на углеродных сорбентах, способствует наряду с прочими факторами, наличие у серебра заполненной предвнешней электронной оболочки, благодаря которой ион серебра способен образовывать координационную связь с атомами кислорода, азота и серы, содержащимися в углеродных сорбентах [18].

Исходя из вышеизложенного можно предположить, что при сорбции цинка, меди, кобальта, никеля и серебра из растворов участвуют все основные минеральные компоненты исследуемого образца. К числу физико-химических факторов, влияющих на поглощающую и удерживающую способность геохимических барьеров, относятся природа сорбируемого вещества и сорбента, взаимодействие молекул сорбируемого вещества (ионов металлов) между собой и молекулами растворителя, кислотность среды и форма нахождения молекул сорбируемого вещества в растворе в определенных условиях. Было установлено, что величина кислотности растворов в процессе сорбции ионов Cu(II), Zn(II), Co(II), Ni(II) и Ag(I) на исследуемом образце меняется от pH=5,6 до pH=7,1.

Медь при pH=5,6 находится в растворе в форме ионов  $\text{Cu}^{2+}$  - 98% и  $\text{Cu}(\text{OH})^+$  - 2%, при pH=7,1 –  $\text{Cu}^{2+}$  - (60%),  $\text{Cu}(\text{OH})^+$  - 20%,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  – (10%). Цинк при pH=5,6 в растворе находится в основном в форме  $\text{Zn}^{2+}$ , а при pH=7,1 в растворе находятся ионы  $\text{Zn}^{2+}$  - (80%) и  $\text{Zn}(\text{OH})^{2+}$  - (20%)[19].

Кобальт в исходном растворе не гидролизован и почти полностью находится в форме  $\text{Co}^{2+}$ , а при pH=7,1 и выше в растворе существуют  $\text{Co}^{2+}$  (8%) и  $\text{Co}(\text{OH})^+$  (92%) [20].

На основании экспериментальных и литературных данных сделан вывод о том, что именно сорбционный процесс лежит в основе обогащения кобальтом глинистых (монтмориллонит, каолин) гипергенно-измененных околорудных метасоматитов. При этом

установлено, что формой фиксации кобальта на поверхности глин является комплекс  $>\text{AlOCo}^+$  образующийся в результате реакции:  $>\text{Al-O-Na}+\text{Co}^{2+}\rightarrow[\text{Al-O-Co}]^++\text{Na}^+$  [21].

Никель вначале процесса сорбции не гидролизован и в основном находится в форме иона Ni(II), а в конце сорбции в растворе находятся  $\text{Ni}^{2+}$  (90%) и  $\text{Ni}(\text{OH})^+$  (10%) [22].

Серебро в интервале pH=5,6 - 7,1 гидролизуется незначительно и можно считать находится в форме иона  $\text{Ag}^+$  [23].

Из приведенных данных видно, что в процессе сорбции ионы металла находятся в основном, в негидролизованной форме  $\text{M}^{2+}$  и в незначительном количестве в гидролизованной форме  $\text{M}(\text{OH})^+$ , за исключением ионов кобальта (II).

Т.о. сорбция ионов металлов из растворов на поверхности твердого тела является сложным, зависящим от множества факторов процессом. Самым предпочтительным методом исследования механизма сорбции является изучение изотерм сорбции. На рис. 1-5 представлены изотермы сорбции ионов Zn(II), Cu(II), Co(II), Ni(II) и Ag(I) на образце черносланцевой породы. Исходя из формы начального участка, выделяют четыре характерных класса изотерм (S, L, H, C). Внутри каждого класса изотермы делятся на типы [24-25].

Изотермы сорбции ионов меди (рис. 1) по обоим вариантам имеют S-образную форму, что характерно для полимолекулярной неограниченной сорбции (вар. I) и предельной адсорбции (II вар.  $a_{\text{пред}}=0,5$  ммоль/г) (Рис. 2).

Изотерма сорбции цинка (рис. 3) имеет L-образную форму, т.е. вогнута относительно оси абсцисс, по типу можно сказать, что после насыщения первого слоя, предполагается образование второго слоя ( $a_{\text{пред}}=0,03$  ммоль/г).

Для ионов кобальта (рис. 4) получена изотерма сорбции, связанная с образованием многих слоев, т.е. полимолекулярной сорбцией ( $a_{\text{пред}}=0,2$  ммоль/г).

Изотерма сорбции ионов никеля (рис. 4  $a_{\text{пред}}=0,2$  ммоль/г), имеет H – форму, процесс сорбции характеризуется высоким средством сорбата к сорбенту. Изотермы этого класса наблюдаются при высокой энергии сорбции и пересекаются с осью ординат в области низких концентраций. Некоторые авторы считают, что изотермы сорбции H – формы характерны для хемосорбции.

Изотерма сорбции, полученная для ионов серебра (рис. 5,  $a_{\text{пред}}=0,2$  ммоль/г) имеет вогнутый начальный участок, при увеличении концентрации ионов серебра в растворе резко возрастает сорбция, что может быть связано с быстрым переходом к полимолекулярной сорбции.

Для уточнения механизма концентрирования меди, цинка, кобальта, никеля и серебра на исследуемом образце черносланцевой породы изучена динамика сорбции ионов Cu (II), Zn (II), Co (II), Ni (II) и Ag (I) при совместном присутствии в растворе. Из рис. 6 видно, что основное количество сорбируемых ионов,

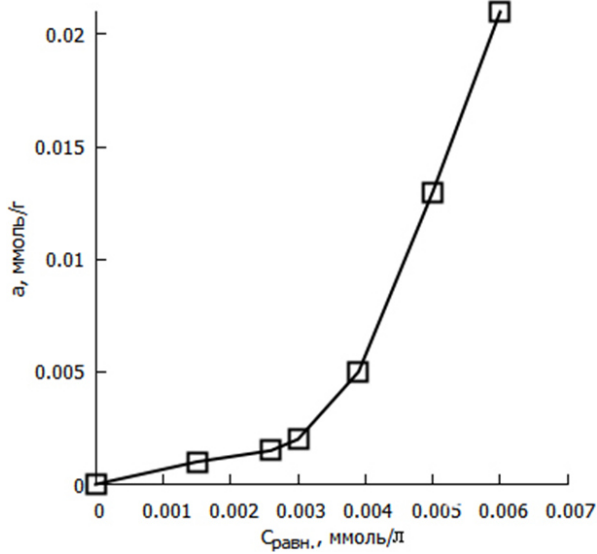


Рис. 1. Изотерма сорбции ионов Cu(II), (I вариант).

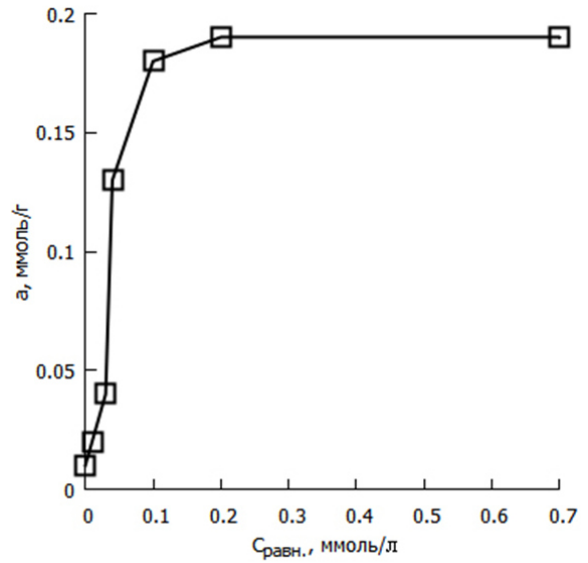


Рис. 2. Изотерма сорбции ионов Cu(II), (II вариант).

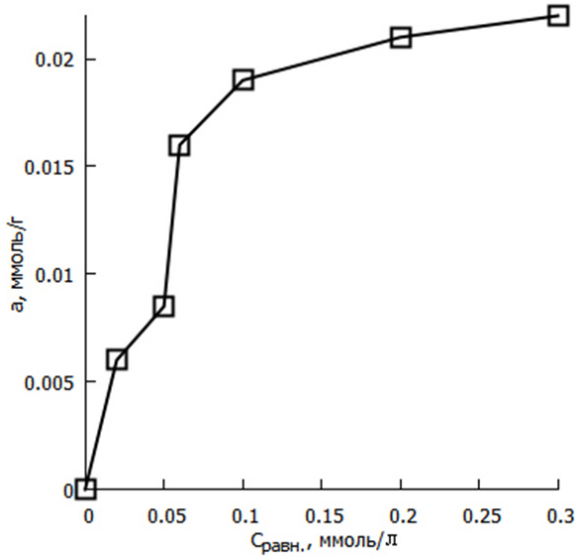


Рис. 3. Изотерма сорбции ионов Zn(II), (II вариант).

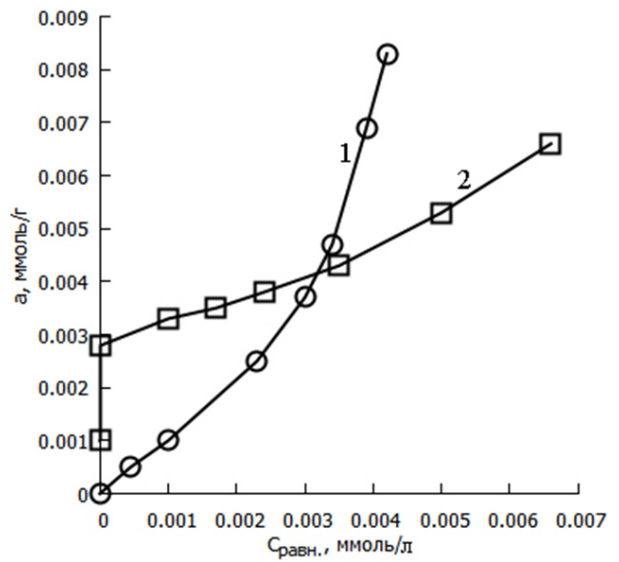


Рис. 4. Изотермы сорбции ионов Co(II)(1) и Ni(II)(2).

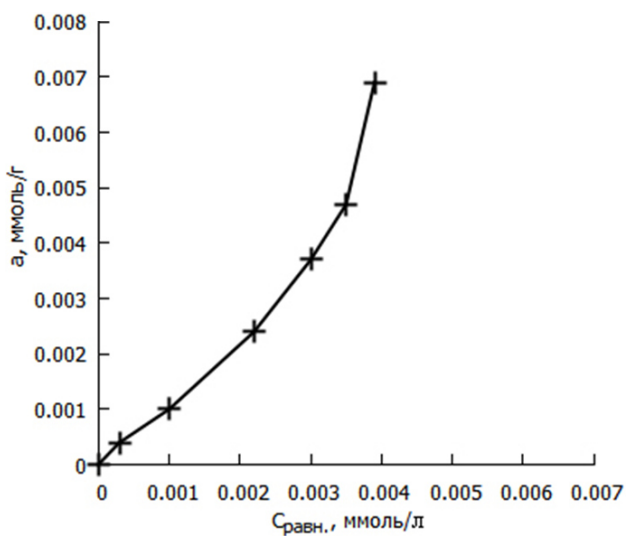


Рис. 5. Изотерма сорбции ионов Ag (I).

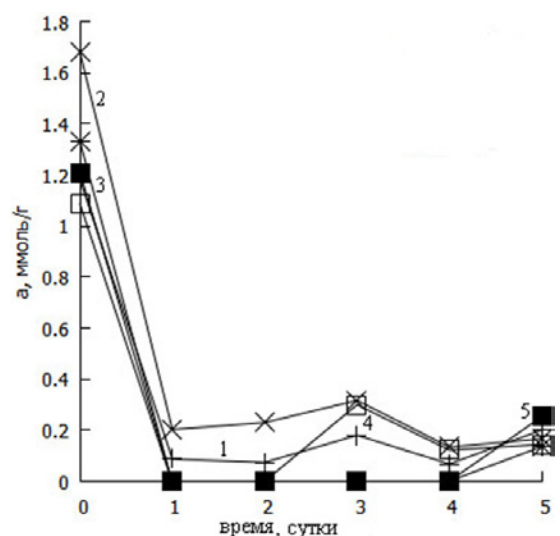


Рис.6. Динамика сорбции ионов Cu(II)(1), Zn(II)(2), Co(II)(3), Ni(II)(4), Ag(I)(5).

составляющее примерно 92 % для ионов меди и цинка, 100% для ионов кобальта, никеля и серебра, сорбируется в течение первых суток и после небольшого периода равновесия происходит «проскок», т.е. появление указанных ионов в растворе. Временное небольшое повышение концентрации в растворе ионов цинка на вторые сутки и меди, никеля на третьи сутки, вероятно, объясняется конкурентной сорбцией: вытеснением их с одних активных центров сорбента и последующей сорбцией на других.

Установлено, что ионы меди, цинка, кобальта, никеля и серебра не десорбируются с исследуемого сорбента в щелочной и нейтральной среде, незначительная десорбция наблюдается в слабокислой среде (рН=3): ионы меди (II) десорбируются на 4,48%, кобальта (II) – на 30,26%, никеля (II) – 1,8% и серебра (I) – на 1,6%, что свидетельствует о возможном образовании труднорастворимых силикатов на поверхности монтмориллонита [26] и сульфидов в результате ионного обмена, а также взаимодействия ионов металлов с несвязанными атомами серы при сорбции на пирите.

### Заключение

В данной работе впервые изучено поведение металлов (меди, цинка, кобальта, никеля и серебра) в системе водный раствор – порода черносланцевого типа. Анализ экспериментальных результатов и литературных данных свидетельствуют о сложном гибридном характере сорбции, в которой участвуют активные центры сорбента различной природы.

Сделано заключение, что сорбционная способность пород черносланцевого типа по отношению к различным металлам может служить основой прогнозирования и поиска в них зон концентрирования одного или целого ряда различных металлов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бухтояров, О. И. Сорбция тяжелых металлов ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ) на бентонитовой глине Зырянского месторождения Курганской области / Бухтояров О. И., Мостальгина Л. В., Камаев Д. Н., Костин А. В. // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2001. – Т.11. – вып.4. – С. 518–524.
2. Мартемьянов, Д. В. Определение сорбционных характеристик различных минералов при извлечении ионов  $\text{As}^{5+}$ ,  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  из водных сред / Мартемьянов Д. В., Галанов А. И., Юрмазова Т. А. // Журнал фундаментальные исследования. – 2013. – №8 (часть 3) – С. 666–670.
3. Калюкова, Е. Н. Адсорбция марганца и железа природными сорбентами / Калюкова Е. Н., Письменко В. Т., Иванская Н. Н. // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2010. – Т.10. – вып.2. – С. 194–199.
4. Бузаева, М. Б. Сорбционные свойства опоки, доломита и шунгита по отношению к катионам никеля / Бузаева М. Б., Калюкова Е. Н., Кливош Е. С. // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2010. – Т. 53. – №6. – С. 40–42.
5. Крылова, В. В. Сорбционное извлечение ионов серебра (I) из растворов модифицированными сорбентами / Крылова В. В. // Учение записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2014. – Т.27 (66). – №4. – С.109–116.
6. Азадалиев, Дж. А. Главные критерии золотоносности черных сланцев южного склона Большого Кавказа / Азадалиев Дж. А., Челяби Г. А., Мамедов Н. М. // Изв. НАН Азербайджан. Науки о Земле. – 2003. – №1. – С.33–39.
7. Керимов, Р. Б. Типоморфные особенности золоторудной минерализации в черносланцевых комплексах южного склона Большого Кавказа и ее перспективы / Керимов Р. Б. // Материалы Всерос. Конф. «Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований». М.: ИГЕМ РАН. – 2010. – С.237–240.
8. Султанов, К. М. Геохимическая характеристика горючих сланцев Азербайджана / Султанов К. М., Рагим-Заде А. И. // Уч. зап. Азерб. Ун-та. Сер. геол.-географ. наук. – 1978. – №5. – С. 17–21.
9. Годымчук, А. Ю. Технология изготовления силикатно-карбонатных сорбентов для очистки воды от катионов тяжелых металлов: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.17.11 / Годымчук А. Ю.; Томский политех. ун-т. – Томск: Б. и.; 2003. – 20 с.
10. Дир, У. А. Породообразующие минералы: в 5-х т. Т.3. Листовые силикаты / Дир У. А., Хауи Р. А., Зусман Дж. – М.: Мир. – 1996. – 316 с.
11. Куковский, Е. Г. Особенности строения и физико-химические свойства глинистых минералов / Куковский Е. Г. – Киев: Наукова думка. – 1996. – 130 с.
12. Арипов, Э. А. Активные центры монтмориллонита и хемосорбция / Арипов Э. А., Агзамходжаев А. А. – Ташкент: Фан. – 1983. – 164 с.
13. Голдавская-Перистая, Л. Ф. Изотерма сорбции ионов стронция монтмориллонит-гидрослюдными глинами / Голдавская-Перистая Л. Ф., Воловичева Н. А., Везенцев А. И., Перистый В. А. // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2011. – Т.11. – вып.2. – С. 165–171.
14. Иванова, Е. С. Взаимосвязь структурных и сорбционных свойств природных алюмосиликатов: дис. на соиск. учен. степ. канд. хим. наук: 02.00.01. / Иванова Е. С.; Российский гос. пед. ун-т. им. А. И. Герцина. – Санкт-Петербург: Б. и., 2014. – 110 с.
15. Фролов, Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: учеб. для вузов / Фролов Ю. Г. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия. – 1988. – 464 с.
16. Юдович, Я. Э. Геохимия черных сланцев / Юдович Я. Э., Кетрис М. П. – Л.: Наука. – 1988. – 272 с.
17. Шадрунова, И. В. Технология извлечения меди из стоков горнорудных предприятий окомкованными пиритными концентратами / Шадрунова И. В., Емельяненко Е. А., Емельяненко М. М. // Горный журнал. – 2006. – №1. – С. 276–281.
18. Афонина, Т. Ю. Извлечение ионов серебра из водных растворов новыми углеродными сорбентами: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: 05.16.02 / Афонина Т. Ю.; Иркутский гос. техн. ун-т. – Иркутск; Б. и.; 2009. – 18 с.
19. Назаренко, В. А. Гидролиз ионов металлов в разбавленных растворах / Назаренко В. А., Антонович В. П., Невская Е. М. – М.: Атомиздат. – 1979. – 192 с.
20. Теслюк, Д. А. Физико-химические основы синтеза сульфата кобальта (II) в обратной микроэмульсии / Теслюк Д. А., Васеха М. В., Селькина Ю.А. // Вестн. МГТУ. – 2015. – Т.18. – №1. – С. 156–163.
21. Гаськова, О. Л. Поведение кобальта при природном и техногенном выщелачивании кобальтсодержащих колчеданных руд / Гаськова О. Л., Белогуб Е. В., Макаров Д. В. // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51. – №2. – С. 222–234.

22. Булдакова, Н. С. Протолитические и координационные равновесия образования полиядерных гетеролигандных комплексов никеля (II) в водных растворах органических аминов: автореф. дис. ... канд. химич. наук/ Булдакова Н. С. – Удмуртский гос. ун-т. – Ижевск.: Б. и.; 2015. – 16 с.
23. Пятницкий, И. В. Аналитическая химия серебра / Пятницкий И. В., Сухан В. В. – М.: Наука. – 1975. – 214 с.
24. Адсорбция из растворов на поверхностях твердых тел. / Под. ред. – Парфит Г., Рочерстер К. – М.: Мир. – 1986. – 488 с.
25. Грег, С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость / Грег С., Синг К. – М.: Мир. – 1984. – 306 с.
26. Везенцев, А. И. Сорбционные свойства комплексно-модифицированных монтмориллонитовых глин / Везенцев А. И., Воловичева Н. А., Королькова С. В. // XIV Всерос. симп. «Актуальные проблемы теории адсорбции пористости и адсорбционной селективности». – М. Клязьма. – 2010. – С.106.

*Институт Геологии и Геофизики Национальной Академии Наук Азербайджана, Баку*

*Кашкай Чингиз Мирали, руководитель отдела  
E-mail: chkashkay@bk.ru  
Тел.: (+994 12) 510 56 18*

*Зейналова Светлана Алигейбат, ведущий научный сотрудник  
E-mail: svetlana.z48@mail.ru; Тел.: (+994 50) 389 44 06*

*Керимов Рауф Балахмед, вед. научный сотрудник отдела  
Абдуллаева Натаван Мустаджаб, ст. научный сотрудник  
Агаев Али Насир, научный сотрудник  
Джафаров Зейнал Рауф, инженер*

*Institute of Geology and Geophysics of National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku*

*Kashkay Ch. M., Chief of Department  
E-mail: chkashkay@bk.ru  
Tel.: (+994 12) 510 56 18*

*Zeynalova S. A., leading researcher associate  
E-mail: svetlana.z48@mail.ru  
Tel.: (+994 50) 389 44 06*

*Kerimov R. B., leading researcher associate  
Abdullayeva N. M., senior resercher  
Aghayev A. N., resercher associate  
Jafarov Z. R., engineer*