

КРП-1: дизельное топливо (ДТ) либо любая другая углеводородная жидкость — 20 %; КМЦ либо другие полимерные реагенты — 2–2,5 %; талловый пек — 2–5 %;

КРП-2: ДТ либо любая другая углеводородная жидкость — 25–50 %; талловый пек — 3–5 %; $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ — 3–5 %;

КРП-3: ДТ либо любая другая углеводородная жидкость — 25–35 %; КМЦ либо другие полимерные реагенты — 2,5–4 %; талловый пек — 2,5–3,5 %; $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ — 3–4 %.

Для испытания был взят глинистый БР, содержащий: бентонит, соду кальцинированную, соду каустическую, КМЦ, пеногаситель, хлористый натрий и техническую воду. Данный раствор был выбран ввиду его широкой распространенности и гибкости применения при различных осложненных условиях. Приготовлены три раствора с различным содержанием глины (концентрация указана в табл. 1). После проведения измерений исходных характеристик БР ввели КРП в количестве 15 % от общего объема глинистого раствора.

В табл. 2 приведены результаты исследований по улучшению характеристик глинистого раствора. Из полученных данных видно, что добавление КРП всех трех составов оказало положительное влияние на свойства БР. Увеличились показатели условной вязкости (T , с) и статического напряжения сдвига (СНС), что обеспечило полноценный вынос шлама и сохранило на длительное время во взвешенном состоянии выбуренную породу при полной остановке циркуляции. В разы снизилось фильтрационное свойство (Φ_{30}) за счет формирования слабопроницаемой эластичной корки. Присутствие в составе углеводородной фазы

способствует повышению антифризных свойств раствора, что позволяет использовать БР с температурой ниже или близкой к 0°C для предупреждения оттаивания и последующего обвала стенок скважин в мягких и слабоцементированных породах, залегающих в районе ММП. Помимо этого КРП выступает как регулятор реологических, ингибирующих и смазочных свойств бурового раствора [2, 3].

Применение КРП не ограничивается только глинистым раствором. В дальнейшем будет также исследовано влияние реагента на параметры различных видов БР. Одним из перспективных составов является эмульсионный БР с углеводородной дисперсной системой, который позволяет осуществлять всесторонний гибкий контроль всех параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Царьков А.Ю., Заворотный В.Л., Живаева В.В., Нечаева О.А. Применение таллового масла и его производных в нефтегазовой отрасли // Экспозиция: нефть газ. — 2012. — № 2.
2. Шевчук В.В., Можейко Ф.Ф., Стрельчонок В.В. Применение продуктов лесохимического производства в составах для бурения // Экспресс-информ. Отечеств. произв. опыт. Лесохимия и подсоска, вып. 2. — М.: ВНИПИЭИлеспром, 1986. — С. 23–24.
3. Заливин В.Г. Использование продуктов химпроизводств в качестве активных добавок к буровым промывочным жидкостям // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований: Тез. докл. научн.-техн. конф. — Иркутск: ИрГТУ, 2004. — Вып. 4. — С. 24–28.

© Коллектив авторов, 2015

Иванов Александр Геннадиевич // iag-sakha@mail.ru

Скрябин Рево Миронович // Yakutsk_09@mail.ru

Бердыев Саид Сангинмуратович // sidbersan@gmail.com

Атласов Ринат Александрович // atlasov.rinat@mail.ru

Николаева Мария Валентиновна // mnikolaeva1990@gmail.com

Атласов Айаал Егорович // atlasov.aial@gmail.com

ЭКОЛОГИЯ

УДК (550.46:504.54):622.371(571.56-16)

Легостаева Я.Б., Попов В.Ф., Ксенофонтова М.И.,
Пестерева С.В. (Северо-Восточный федеральный
университет)

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В КОМПОНЕНТАХ НАЗЕМНЫХ И ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ИРЕЛЯХСКОГО ГАЗОНЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Приводится результат анализа состава водорастворимых солей в основных абиотических компонентах наземных и водных экосистем на территории Мало-Ботубинского района. Выявлено влияние кембрийского водоносного комплекса на содержание и перераспределение основных катионов и анионов в почвах, донных отложениях и поверхностных природных водах территории Иреляхского газонефтяного месторождения. **Ключевые слова:** многолетнемерзлые породы, криолитозона, устойчивость природных ландшафтов, водорастворимые соли, катионы, анионы.

Legostaeva Ya.B., Popov V.F., Ksenofontova M.I., Pestereva S.V.
(North-Eastern federal university)

HYDROCHEMICAL INDICATORS IN COMPONENTS OF TERRESTRIAL AND AQUATIC ECOSYSTEMS OF IRELYAKH OIL AND GAS FIELD

*The article presents the result of analyzing the composition of water-soluble salts in the major abiotic components of terrestrial and aquatic ecosystems in Malo-Botyobinsky area. The impact of the cambrian aquiferous complex on the content and redistribution of major cations and anions in soils, sediments and surface of natural waters of the territory Irelyakhs gas and oil field. **Key words:** permafrost, cryolithozone, the sustainability landscapes, water-soluble salts, cations, anions.*

Развитие нефте- и газодобычи в Западной Якутии, газотранспортной системы «Сила Сибири» и магистрального нефтепровода «Восточная Сибирь — Тихий океан» формируют предпосылки для освоения Иреляхского газонефтяного месторождения (ГНМ), открытого в 1978 г. и расположенного на юго-западной окраине

г. Мирный — центра алмазодобывающей промышленности России. ГНМ приурочено к одноименной локальной структуре на северном склоне Мирнинского выступа в Мало-Ботуобинском районе — очень сложном в геологическом плане, который располагается в пределах северо-восточного периклинального окончания Непско-Ботуобинской антеклизы [1]. Месторождение разрабатывается с 1981 г., обеспечивает нужды АК «АЛРОСА» и жилищно-коммунальное хозяйство Республики Саха (Якутия) в нефтяном котельном топливе. Освоение месторождений алмазов началось с 1957 г. с трубки Мир и в настоящее время подземная криогидросфера, относящаяся к Восточно-Сибирской артезианской области [2], подвергнута мощному техногенному воздействию от многолетней эксплуатации месторождений трубок Мир, Интернациональная и других, которое проявляется в значительном нарушении естественного гидродинамического режима надсолевого нижне-среднекембрийского водоносного комплекса за счет крупномасштабных мероприятий по осушению горных выработок и удалению дренажных стоков на полигонах закачки. К примеру, за весь период осушения карьера Мир было откачено свыше 250 млн. м³ дренажных рассолов, а обратно удалено в дренируемый подмерзлотный водоносный комплекс свыше 200 млн. м³ [3]. В последние годы сформирована сложная пьезометрическая поверхность уровней метегеро-ичерского водоносного комплекса с четко выраженным репрессионным куполом от обратной закачки дренажных вод в природные подземные резервуары и депрессионной воронкой от водопонижения в карьере Мир. Все это наложилось на региональную депрессионную воронку от первого этапа водопонижения, периферийные области которой практически восстановились. По химическому составу подземные воды метегеро-ичерского водоносного комплекса представляют собой хлоридные натриевые рассолы с минерализацией 95–300 г/л, имеющие отрицательную температуру (–1,5 — –2 °С) и содержащие растворенные природные газы преимущественно углеводородно-азотного состава. Минерализация подземных вод изменяется с глубиной, в г/дм³: в кровельной части комплекса она не превышает 50, в средней — увеличивается до 100–150, а в нижней — может достигать 300. Среди углеводородных газов преобладает метан, концентрация которого составляет 70–75 % от общего количества растворимых газов. В рассолах содержится сероводород, концентрация которого в среднем составляет 97 мг/л. Рассолы агрессивны по отношению к бетону и металлам. Современную геохимию подземных вод зоны гипергенеза, а также всех флюидов многокилометрового осадочного чехла, включая фундамент, во многом определили длительное существование и эволюция криолитозоны.

Подмерзлотная толща представляет собой своеобразную водонапорную систему, где обособляются несколько водоносных комплексов-стратонов: верхне-, средне-, нижнекембрийский и верхнепротерозойский. Всего в осадочном чехле региона распространено пять водоносных систем, подземные воды которых представлены четырьмя типами. I система — зона развития пресных, ультрапресных гидрокарбонатных кальциевых, магниевых, кальциевых вод сезонно-талого слоя и несквозных

таликов. II система — зона локального развития межмерзлотных соленых вод в толще многолетнемерзлых пород (ММП), являющихся региональным водоупором. Мощность зоны соответствует мощности мерзлого яруса и составляет 300–385 м. Подземные воды здесь распространены в виде изолированных линз. Состав их многокомпонентный, а концентрация микрокомпонентов невысокая. III система — зона регионального развития сероводородных хлоридных натриевых рассолов подмерзлотного надсолевого водоносного комплекса. IV система — зона локального развития межсолевых хлоридных кальциевых рассолов в галогенно-карбонатной толще нижнего кембрия. Минерализация растворов достигает 515 г/дм³. Подземные рассолы обогащены бромом, стронцием, редкими щелочами и являются промышленными водами, из которых возможно извлечение многих компонентов. V система — зона регионального развития рассолов в подсолевых терригенных отложениях докембрия. Минерализация рассолов, их геохимический облик близки к межсолевым, но состав их более однороден, концентрации магния, брома, стронция несколько ниже.

Таким образом, рациональная разработка нефтегазового месторождения в сложных геологических и гидрогеологических условиях, где рассолы рассматриваются в качестве одного из главных агентов в технологических процессах нефтегазодобывающих предприятий, не мыслима без самого тщательного и регулярного эколого-геохимического контроля. В этой связи необходимо еще на стадии изучения территории провести анализ эколого-геохимического состояния, рассчитать фоновые параметры содержания макро- и микроэлементов в ландшафте, характеризующие природную составляющую влияния литологических фаций, тектонической нарушенности горных массивов и условий седиментогенеза.

Эколого-геохимическая характеристика территории Иреляхского ГНМ дана на основе обобщения фондовых данных ГРФ СВФУ и НИИПЭС СВФУ для территории Мало-Ботуобинского района, включая Мирнинский промышленный район, за период 2000–2014 гг. и непосредственно на участках скважин Мирнинского лицензионного участка за 2011–2013 гг. натурных наблюдений по основным абиотическим компонентам экосистемы. Химико-аналитические работы выполнены в лаборатории физико-химических методов анализа НИИПЭС СВФУ (Аттестат аккредитации № РОСС RU. 0001.517741). Каждый анализ проведен в двукратной повторности при $d=15-30\%$, $\rho=0,95$.

Характер изменения величин гидрохимических коэффициентов от соленых вод до весьма крепких рассолов имеет одну и ту же тенденцию — постепенную метаморфизацию и закономерное изменение генетического облика подземных вод по мере увеличения минерализации. Территория исследований осложнена наличием подсолевых и соленосных отложений. Все это создает условия для формирования неоднородной геохимической структуры природных ландшафтов. При этом существенную роль на формирование современного геохимического облика ландшафтов оказывает также и сложно организованная структура Мирнинского горно-обогатительного комбината, объекты которого расположены в северной части территории МЛТУ.

Таблица 1
Характеристика ландшафтно-геохимических классов территории Иреляхского газонефтяного месторождения

Ландшафтно-геохимический класс	Тип местности	Рельеф	Подстилающие породы	Тип почвы	Растительность
Элювиальный карбонатный	Плакорный	Приводо-раздельные междуречные пространства плато	Кембрийские отложения среднего и верхнего отделов, силурийские отложения нижнего отдела	Мерзлотные дерново-карбонатные; Мерзлотные палевые	Лиственничные леса голубичные лишайниково-моховые
Трансэлювиальный нейтральный	Склоновый	Пологие склоны и склоны средней крутизны	Девонская система верхнего и среднего отдела	Мерзлотные палево-бурые, мерзлотные подзолистые иллювиально-железистые	Лиственничные леса ольховниковые багульниковые
	Ложбинный	Водосборные ложбинные расширения и ложбины стока	Средне-четвертичные отложения, аллювиально-озерные отложения	Мерзлотные перегнойно- и торфяно-глеевые	Лиственничные леса ерниковые голубично-моховые; ерники в сочетании с лиственничниками редкостойными зеленомошными
Трансэлювиальный карбонатный	Склоновый	Крутые склоны	Кембрийские отложения среднего и верхнего отделов	Мерзлотные дерново-карбонатные	Сосняки толокнянково-лишайниковые
Аллювиальный	Низко-террасовый, песчано-грядовый	I и II надпойменные террасы, низкие поймы и днища долин таежных рек и ручьев	Аллювиальные отложения поймы, верхнечетвертичные отложения I и II надпойменных террас	Мерзлотные перегнойно-глеевые и дерново-глеевые и глееватые; мерзлотные аллювиальные	Сосняки с березой багульниково-брусничные, ельники в сочетании с березняками, ивняками, ерниками, мари, осоково-вейниковые избыточно-увлажненные леса, разнотравные пойменные луга

Почва является одним из самых информативных блоков природного ландшафта, т.к. концентрирует в себе геохимические характеристики пород, растительности, поверхностных и грунтовых вод [4]. При эколого-геохимической оценке современного состояния ландшафта исследуемой территории почва рассматривается не только как планшет, концентрирующий техногенное загрязнение, но и как среда, несущая в себе генетические признаки подстилающих пород и, следовательно, отражает в своем составе общие тенденции накопления и перераспределения по почвенной толще водорастворимых солей.

На территории Иреляхского газонефтяного месторождения по пяти факторам выделено четыре ландшафтно-геохимических класса, которые формируют современный ландшафтно-геохимический облик Мирнинского лицензионного участка (табл. 1). Доминирующими по площади являются элювиальные и трансэлювиальные ландшафтно-геохимические комплексы, занимающие порядка 29 и 57 % соответственно.

Почвы характеризуются тяжелым гранулометрическим составом, маломощным, щебнистым, слабо дифференцированным почвенным профилем с высоким содержанием грубо перегнойной органики и, следовательно, высокой сорбционной способностью. Реакция среды в целом изменяется по почвенному профилю от слабо кислой в органигенных горизонтах и до нейтральной в горизонтах ВС и С. Все эти показатели свидетельствуют о низкой геодинамической и геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям и очень слабой способности к самовосстановлению.

Почвы участка исследований отличаются неоднородным составом водорастворимого комплекса, что является следствием проявления влияния солевой подмерзлотной толщи и выражается в доминировании

K-Na составляющей и Mg в составе катионов и высоким содержанием хлоридов и сульфатов в целом по почвенному профилю.

На примере дерново-карбонатных типов мерзлотных почв, доминирующих на территории Иреляхского ГНМ, очевидно, что максимальными концентрациями водорастворимых ионов характеризуются органо-генные горизонты, распределение минеральной части почвенного профиля относительно равномерное. С глубиной состав катионов и их соотношение практически не меняются. Основные изменения происходят в группе анионов: уменьшается доля гидрокарбонатов и значительно увеличивается доля сульфатов.

Подобные тенденции распределения водорастворимых солей по почвенному профилю характерны в целом для почв исследуемой территории. При интерпретации результатов водной вытяжки, показывающих содержание основных катионов и анионов, рассчитаны коэффициенты накопления водорастворимых солей по вертикали почвенного профиля (табл. 2). В качестве содержания солей в почвообразующих породах взяты результаты анализа водной вытяжки образцов пород, максимально взаимодействующих с рассолами [5].

Таблица 2
Усредненное содержание водорастворимых ионов в почвах Иреляхского газонефтяного месторождения

Горизонт опробования	Анионы, ммоль/100			Катионы, ммоль/100		
	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺
A (n = 11)	1,80	1,20	1,20	2,00	1,00	1,20
AB (n = 14)	0,20	0,80	0,20	0,50	0,50	0,20
B _{ca} (n = 10)	0,20	0,35	0,50	0,50	0,25	0,30
BC _{ca} (n = 11)	0,25	0,75	0,25	0,50	0,25	0,50
Породы	0,10	0,03	0,35	0,03	0,02	0,16

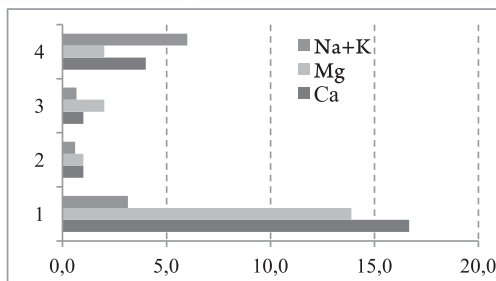
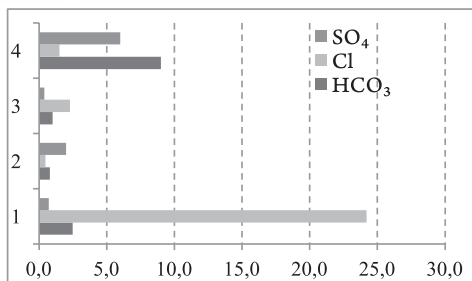


Рис. 1. Накопление водорастворимых солей в почвенном профиле. Коэффициенты накопления: 1 — $K_1 = V_{Ca}/C_{породы}$; 2 — $K_2 = V_{Ca}/V_{Ca}$; 3 — $K_3 = AB/V_{Ca}$; 4 — $K_4 = A/AB$

Максимальное накопление хлоридов, кальция и магния отмечено в надмерзлотном горизонте BC_{Ca} , что, на наш взгляд, отражает геохимическую специфику кембрийских отложений и хлоридных рассолов водоносного комплекса (рис. 1). Второй пик накопления отмечается в верхней органогенной части профиля, выявляя тем самым развитие процессов поверхностного засоления. При нарушении целостности почвенного профиля или активном механическом воздействии на почвы увеличивается доля хлоридов, при этом состав катионов остается более стабильным (рис. 2).

В целом почвы природных ландшафтов территории Иреляхского газонефтяного месторождения характеризуются преобладанием слабого поверхностного засоления хлоридно-сульфатного состава, а грунты на площадках нагнетательных скважин отличаются сильным хлоридным и хлоридно-сульфатным засолением.

Основные водные артерии территории исследования приурочены к бассейну р. Оччугуй-Ботуобия и являются ее левыми притоками: Ирелях, Улегир, Улахан-Оленг, Куччугуй-Оленг, Чуоналыр, Тусемел, Кюельях, Чемперяк, Харья-Юрх. По характеру водного режима реки изучаемого района относятся к Восточно-Сибирскому типу и характеризуются высоким весенним половодьем, летними паводками, низкой по водности летне-осенней меженью и полным прекращением стока в зимний период на малых реках. Продолжительность зимней межени 6–7 мес.

Химический состав поверхностных вод основного водотока Иреляхского газонефтяного месторождения (р. Оччугуй-Ботуобия) зависит от состава ее крупных притоков, которые на данный момент непосредственно находятся в зоне воздействия как Мирнинского ГОКа, так и нефтепромысла (табл. 3).

Таблица 3

Химический состав поверхностных вод наиболее крупных водотоков на территории Иреляхского газонефтяного месторождения

Название водотока	Формула по Курлову М.Г.
р. Оччугуй-Ботуобия, верховье	$M0,4 \frac{HCO_3 78,7 Cl 11,9 SO_4 9,4}{Ca 42,0 Na 34,3 Mg 22,6 K 0,6} pH 7,1 Fe_{общ} 0,09 Sr^{2+} 1,7$
р. Ирелях	$M1,2 \frac{HCO_3 50,0 Cl 136,5 SO_4 13,5}{Na 52,1 Ca 29,1 Mg 17,7 K 0,6} pH 7,1 Fe_{общ} 0,12 Ba^{2+} 13,0$
р. Чуоналыр	$M0,3 \frac{HCO_3 43,7 Cl 130,3 SO_4 26,0}{Ca 42,7 Mg 30,0 Na 26,8 K 0,3} pH 7,6 Fe_{общ} 0,08 Sr^{2+} 0,6$
р. Оччугуй-Ботуобия, нижнее течение	$M4,8 \frac{Cl 82,5 SO_4 11,9 HCO_3 5,6}{Na 74,7 Ca 13,2 Mg 12,4} pH 8,1 Fe_{общ} 0,11 Sr^{2+} 1,7$

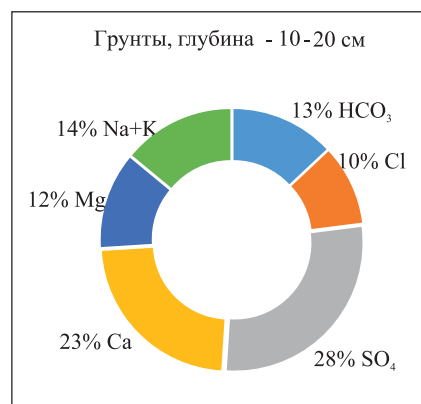
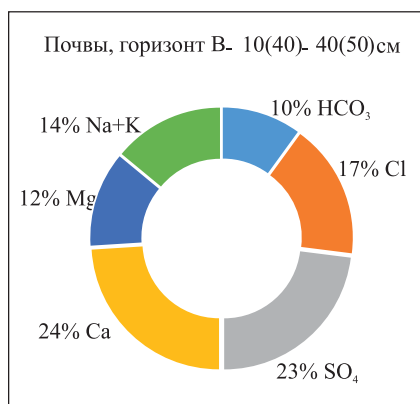
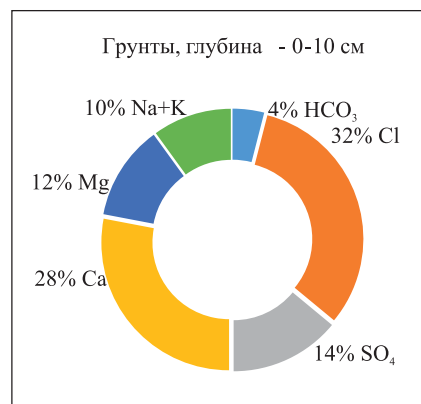
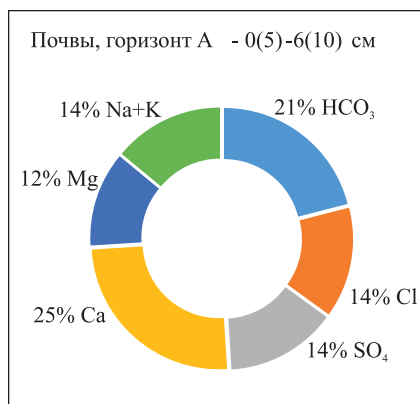


Рис. 2. Структура водорастворимого комплекса почв и грунтов на территории Мирнинского лицензионного участка

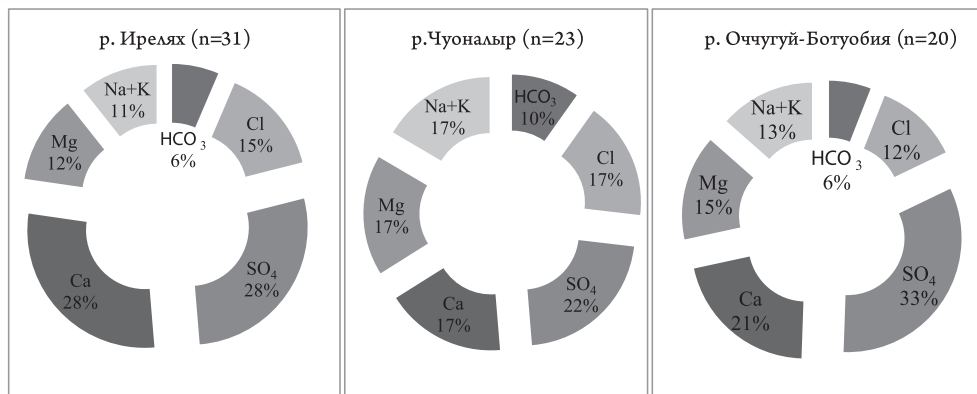


Рис. 3. Катионно-анионный состав донных отложений основных крупных водотоков на территории Иреляхского газонефтяного месторождения

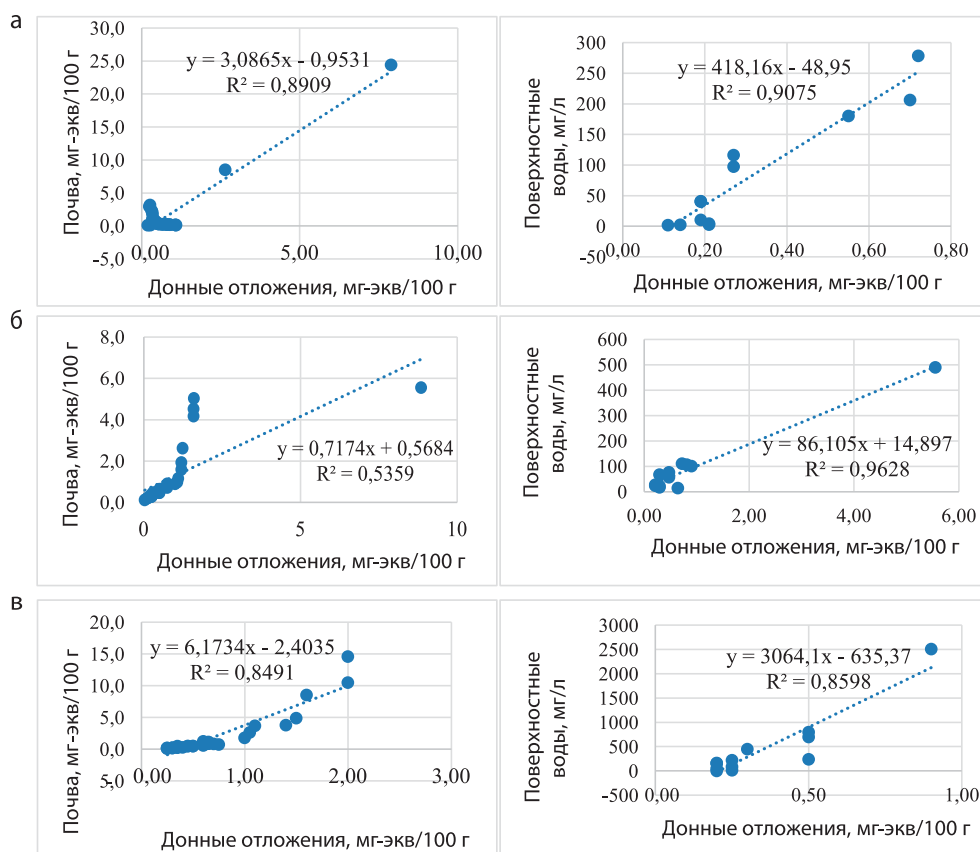


Рис. 4. Зависимость изменения содержания натрия (а), сульфат-иона (б), хлорид-иона (в) в системе почва — донные отложения — поверхностные воды

дов, стронция и бария. В целом исследованные водотоки характеризуются средней и высокой минерализацией нейтральной и слабощелочной средой. По классификации О.А. Алекина (1953) они относятся преимущественно к хлоридно-гидрокарбонатно-натриево-кальциевым водам, но при этом встречаются участки рек с хлоридно-натриевым и хлоридно-гидрокарбонатно-магниевым составом. О связи водотоков с подземными водами указывают проявления стронция и бария в поверхностных водах, а также увеличение концентрации хлоридов и натрия в воде отдельных участков рек.

Донные отложения являются важным компонентом водных экосистем, аккумулятором и одновременно depo-

нирующей средой различных поллютантов, что определяется как гранулометрическим составом, так и содержанием органики. В районе исследования донные отложения в основном представлены песчаным и супесчаным составом со слабощелочной средой и очень низким содержанием органического углерода (до 2,0 масс. %). В составе водорастворимого комплекса доминируют кальций и магний, а среди анионов — сульфаты (рис. 3).

В результате анализа содержания водорастворимых солей установлена зависимость содержания натрия, сульфатов и хлоридов в системе почва — донные отложения — поверхностные воды (рис. 4).

Эти показатели с достаточно высокой степенью вероятности подтверждают, что повышенные содержания натрия, хлора и сульфатов могут быть результатом не только техногенного воздействия объектов алмазодобычи или нефтепромысла, но и являются закономерным природным явлением, отражающим влияние кембрийского водоносного комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сафронов А. Ф. Нефтяные и газовые месторождения Якутии / Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). — М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. — С. 421–446.
2. Мерзлотно-гидрогеологические условия Восточной Сибири / Под ред. П.И. Мельникова. — Новосибирск: Наука, 1984. — 192 с.
3. Дроздов А.В., Иост Н.А., Лобанов В.В. Криогидрогеология алмазных месторождений Западной Якутии. — Иркутск: ИГТУ, 2008. — 507 с.
4. Легостаева Я.Б., Томская Л.А., Ксенофонтова М.И. и др. Эколого-геохимическая характеристика территории газоконденсатных промыслов в пределах северо-таежных ландшафтов Якутии // Наука и образование. — 2011. — № 2 (62). — С. 64–69.
5. Дроздов А.В. Природные и техногенные резервуары промышленных стоков в криолитозоне (на примере якутской части Сибирской платформы). — Якутск: Издательско-полиграфический комплекс СВФУ, 2011. — 416 с.

© Коллектив авторов, 2015

Легостаева Яна Борисовна // Ylego@mail.ru
 Попов Владимир Федорович // pvf_grf@rambler.ru
 Ксенофонтова Марта Ивановна // ksemaria@mail.ru
 Пестерева Светлана Васильевна // pestereva-sveta20@mail.ru