Химический состав природных вод района разрабатываемого карьера бутового камня в Питкярантском районе республики Карелия

Сидкина Е.С., Конышев А.А., Солдатова Е.А., Громяк И.Н., Догадкин Д.Н.

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской Академии Наук, Москва, Россия, E-mail: SidkinaES@yandex.ru

АННОТАЦИЯ: В работе приведены результаты анализа химического состава проб природных воды, отобранных в районе разрабатываемого карьера бутового камня в Питкярантском районе республики Карелия. Была предпринята попытка проследить движение воды от сброса из карьера до впадения водотока в реку Уксуныю. Показано, что в воде при сбросе из насосной станции присутствуют повышенные содержания меди, цинка, молибдена, марганца, ванадия и урана. Концентрация железа в природных водах исследуемого района также повышена, превышения отмечены в воде рек Хепоя и р. Уксуныю.

Chemical composition of natural water near the rubble stone quarry in the Pitkäranta district of the Republic of Karelia

Sidkina E.S., Konyshov A.A., Soldatova E.A., Gromyak I.N., Dogadkin D.N.

Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, E-mail: SidkinaES@yandex.ru

ABSTRACT: The chemical composition of natural water sampled near the rubble stone quarry in the Pitkäranta district of the Republic of Karelia was considered in the article. The authors attempted to trace water flow from the discharge of drainage water from the quarry to the confluence of the stream to the Uuksunjoki River. We found high concentrations of Cu, Zn, Mo, Mn, V, and U in the water entering from the pumping station in the discharge point. The content of Fe in the natural water of the study area is also high, it is found for the Hепооуа River and Uuksunjoki River water.

ВВЕДЕНИЕ

Питкярантский район расположен в юго-западной части Республики Карелия вдоль северо-восточного побережья Ладожского озера. В Питкярантском районе открыты многочисленные месторождения и рудопроявления железа, олова, цинка, свинца, меди, молибдена, урана и др., а также месторождениями строительных материалов. В перечень ценных природных ресурсов помимо вышеперечисленных можно также включить природные воды, которыми исключительно богат регион. Следует отметить, что в природных водах района исследований отмечаются повышенные концентрации ряда микрокомпонентов в результате влияния природных (взаимодействие с породами) и техногенных (в основном разработка полезных ископаемых) факторов. Питкярантский район Карелии входит в площадь водосбора крупнейшего природного резервуара пресной воды в Европе – Ладожского озера. В связи с этим изучение и оценка загрязнения природных вод выбранной территории является актуальной.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Карьер бутового камня (Рис. 1 а) расположен в Питкярантском районе республики Карелия, на территории гнейсо-гранитного купола Люпикко.

Карьером вскрываются: четвертичные песчаные отложения, гнейсограниты купола Люпикко (AR₂-PR₁) с входящими в них метаамфиболитами, высокодифференцированные топазодержащие Li-сидерофиллитовые граниты [4] или альбит-протолитионитовые граниты [5]. Данные граниты имеют возраст 1538±1 млн [3] и являются частью Салминского батолита относящегося к анортозит-рапакивигранитному комплексу пород образовавшемуся в интервале 1541–1538 млн [3].

Данный карьер разрабатывается уже свыше 50 лет. При разработке производится откачка воды из карьера, которая затем сливается на рельеф и впоследствии поступает в природный водоток. Объектом исследования являются природные воды, отобранные при проведении экспедиционных работ в 2017, 2018 и 2019 годах. Схема пробоотбора 2019 приведена на рис. 1 б.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для анализа макрокомпонентов пробы природных вод были отобраны в пластиковые бутылки объемом 1 литр с предварительным многократным ополаскиванием тары природной водой. При пробоотборе анализировались pH, Eh, CO₃²⁻потенциометрическим методом ионселективными электродами при помощи прибора ЭКОТЕСТ 2000 («ЭКОНИКС», Россия). Анализ

макрокомпонентов был выполнен в МГУ им. М.В. Ломоносова методом титрования. Перманганатная окисляемость была измерена методом титрования в ГЕОХИ РАН.

Рис. 1. Карта района работ (а) и схема пробоотбора (б). Условные обозначения: 1 – точки пробоотбора: 1 – сброс воды из насосной системы, 2 – временный водоток, сформированный водой, откачиваемой из карьера; 3 – водоток, протекающий по заболоченной местности, 4 – болото; 5 – р. Хепооя после впадения исследуемого водотока, 6 – р. Уксуныоки, 7 – точка вне зоны влияния карьера; 2 – реки

Пробы для анализа микрокомпонентов были отобраны в пробирки объемом 15 мл с консервацией 0.45 мл HNO_3 осч. Пробы воды были

отфильтрованы при помощи мембранного фильтра с размером пор 0.45 мкм. Пробы были доставлены в лабораторию в течение трех дней после пробоотбора и и от момента отбора до химического анализа хранились в темном месте. Общую S, Si, Fe, Al, Na, K определяли методом ICP-AES. Содержания Mn, Cu, Zn, Mo, Co, Ni, Cd, Cs, V, U и других микроэлементов определены методом ICP-MS в лаборатории методов исследования и анализа веществ и материалов ГЕОХИ РАН. Сводные данные по химическим анализам проб воды приведены в табл. 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Все изучаемые воды являются пресными, нейтральными или слабощелочными, преимущественно гидрокарбонатными натриево-кальциевыми (Рис. 2).

В отдельных точках отмечены превышения ПДК Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, V (Табл. 1). Сравнения проводилось с нормативом для водных объектов рыбохозяйственного значения [1]. При этом в точке 7 превышение отмечается только по Cu. Точка 7 представляет из себя воды затопленного пегматитового карьера (на керамическое сырье) и расположена вне зоны влияния исследуемого объекта. Наибольшее превышение по вышеперечисленным химическим элементам наблюдается в водах, отобранных в непосредственной близости от карьера. Графики, представленные на рис. 3 а и б, указывают на то, что при удалении от карьера снижается величина минерализации и содержания U, V, Mo, Zn. Содержание железа наоборот становится выше, что связано по нашему мнению с увеличением содержания органического вещества в воде (рис. 3 в).

Таблица 1. Химический состав природных вод района разрабатываемого карьера бутового камня (данные за 2019 г)

Компоненты и показатели	Номер точки пробоотбора						
	1	2	3	4	5	6	7
pH	8.46	7.12	7.22	7.44	8.56	6.43	7.73
Минерализация	210	217	199	196	94	49	101
Перманганатная окисляемость	0.21	2.96	6.98	8.37	29.01	10.77	3.88
HCO_3^-	110.04	120.78	112.24	111.02	53.07	20.13	53.25
Cl^-	19.88	15.27	18.46	17.75	9.98	9.98	8.45
SO_4^{2-}	24.42	23.39	16.7	16.19	5.14	4.23	13.62
Ca^{2+}	27.25	30.86	25.05	24.65	15.43	5.77	17.7
Mg^{2+}	7.05	5.59	7.29	6.8	1.17	0.46	3.73
Na^+	17.9	17.5	16.2	16.1	7.52	1.16	1.84
K^+	2.42	2.61	2.16	2.00	0.97	0.36	0.92
Fe	0.02	<0.01	0.06	0.08	0.60	0.39	0.06

Mn	25.88	10.69	0.88	1.89	7.85	19.55	1.30
Cu	2.34	0.38	<0.1	1.56	0.49	0.27	1.63
Zn	12.45	6.78	0.48	3.50	1.46	0.33	1.58
Mo	32.41	36.88	33.17	29.84	12.22	0.07	0.21
Co	0.14	0.05	0.09	0.12	0.14	0.10	0.04
Ni	0.53	0.20	0.22	0.51	0.40	0.06	1.67
Cd	0.17	0.14	0.11	0.14	0.07	<0.01	0.02
Cs	0.07	0.13	0.10	0.10	0.07	0.02	0.03
V	1.32	1.03	0.95	0.93	0.67	0.35	0.16
U	90.37	49.74	14.21	12.34	3.28	0.08	4.94

Примечание: значения минерализации, HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe приведены в мг/л, Mn, Cu, Zn, Mo, Co, Ni, Cd, Cs, V, U – в мкг/л, перманганатной окисляемости – мгО/л; жирным выделены содержания, превышающие ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения.

Рис. 2. Треугольные диаграммы катионного (а) и анионного (б) составов изучаемых вод. Расшифровка номеров точек приведена в условных обозначениях к рисунку 1

Железо образует устойчивые комплексы с органическим веществом (с фульво- и гуминовыми кислотами) и накапливается за счет этого в воде в количествах, значительно превышающих ПДК [2]. Изменения содержания микроэлементов в пробах воды, отобранной в точке 1 в 2017, 2018, 2019 годах, представлены на рисунке 4. Графики показывают, что за период наблюдения концентрация изучаемых химических элементов снизилась, однако мы не можем оценить влияние атмосферных осадков и объемы подтока воды из пород.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что разработка карьера вносит небольшой вклад в формирование химического состава природных вод района исследований.

В природных водах района разрабатываемого карьера бутового камня наблюдаются превыше-

ния относительно ПДК содержаний Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, V.

Уменьшение концентрации U, V, Mo, Zn в исследуемых водах по мере удаления от карьера связано с разбавлением атмосферными осадками и водами ручьев и рек, а также вероятно с сорбцией на органо-минеральных грунтах. Наибольшее содержание железа определено в пробах, взятых из рек Хепоя и Уксунъюки.

Накопление железа происходит за счет образования устойчивых комплексов с органическим веществом. В дальнейшем планируется исследование проб донных и органо-минеральных отложений, отобранных совместно с пробами воды, для исследования процессов взаимодействия вода-порода.

Рис. 3. Изменения содержания макро (а) и микро (б) компонентов воды в зависимости от удаленности от карьера и связь содержания железа с перманганатной окисляемостью (в)

Рис. 4. Изменения содержания микроэлементов в воде, откачиваемой из карьера, за период наблюдений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ от 13 декабря 2016 года N 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменениями на 12 октября 2018 года).
2. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. М.: Наука, 2012. – 677 с.
3. Amelin Yu.V., Larin A.M., Tucker R.D. Chronology of multiphase emplacement of the Salmi rapakivi gran-

iteanorthosite complex, Baltic Shield: implications for magmatic evolution // Contrib. Mineral. Petrol. 127 (4), 1997. – P. 353-368.

4. Konyshov A.A., Chevychelov V.Yu., Shapovalov Yu.B. Two types of highly differentiated topaz-bearing granites of the Salmi batholith, Southern Karelia // Geochemistry International, 2020, Vol. 58, No. 1, pp. 11–26.
5. Larin A., Beljaev A., Stepanov K. Geological setting of the Salmi batholith. In: Salmi batholith and Pitkaranta ore field in Soviet Karelia (Eds. Haapala I., Ramo O.T., Salonsaari P.T.) Guide 33. Finland: University of Helsinki, 1991. – P. 6-7.