

Чурсина Н.А.

## ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИЯ ВОДЫ ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ СОРБЕНТОМ НА ОСНОВЕ БУРОГО УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИН-КУШСКОЙ ГРУППЫ

Chursina N.A.

## LAKE ISSYK-KUL WATER DEMINERALIZATION BY THE SORBENT BASED ON BROWN COAL FROM THE MING-KUSH DEPOSITS

УДК: 541.12:553.96(575.2) (4)

*Проведен химический анализ воды озера Иссык-Куль до и после ее деминерализации сорбентом на основе бурого угля месторождения Мин-Кушской группы. Установлено, что сорбент обладает амфотерными свойствами.*

*Water of Lake Issyk-Kul was chemically analyzed before and after its demineralization by sorbent based on brown coal from the Ming-Kush deposits. The sorbent was established to have amphoteric properties.*

Бурый уголь представляет собой низкую стадию углефикации (превращения исходного растительного вещества в уголь). По химическому составу и физико-химическим свойствам бурый уголь занимает среднее положение между торфом и каменным углем (продуктом следующей стадии углефикации). Известно, что бурые угли по сравнению с каменными обладают невысокой теплотворностью, легкой окисляемостью и низкой механической прочностью, а потому в качестве энергетического сырья их использование ограничено. В настоящее время значение бурых углей велико только в основном для тех районов, вблизи которых они добываются. Здесь они могут заменить более высококалорийное привозное топливо. Однако бурые угли представляют интерес как важное сырье для многих отраслей химической промышленности сельского хозяйства. Расширение методов нетопливного использования бурых углей представляет актуальную задачу современности.

Бурые угли обладают сложным составом, представляющим собой неоднородную смесь органических, неорганических и органоминеральных компонентов. Существующее на текущий момент представление о строении органической массы углей (ОМУ), предусматривает многофазную систему, построенную по принципу гость-хозяин [1]. Выделяют молекулярную структуру ОМУ – объединение отдельных атомов посредством химических связей в устойчивые образования (гетерополиконденсатный трехмерный каркас) и надмолекулярную организацию, состоящую из относительно низкомолекулярных веществ, соединенных с каркасом с помощью донорно-акцепторных взаимодействий, ван-дер-ваальсовых сил, водородных связей или иммобилизованных в порах. В состав ОМУ входят такие функциональные группы, как  $-\text{COOH}$ ,  $\text{OH}$ ,  $-\text{NH}_2$  и др.

Учитывая особенности строения бурых углей, можно предложить использование бурого угля некоторых месторождений Кыргызстана в качестве

сорбентов. Уголь месторождения Мин-Кушской группы представляет особый интерес, поскольку он обладает низкими, по сравнению с углями других месторождений, значениями зольности (1,5-3%). Его можно использовать в качестве материала, обладающего ионообменными свойствами, и апробировать для деминерализации воды озера Иссык-Куль, после соответствующей модификации.

Использовать иссык-кульскую воду в качестве природного объекта для обессоливания, было решено, учитывая катастрофическую ситуацию с обеспечением народонаселения планеты питьевой водой. Несмотря на то, что большую часть земного шара занимает Мировой океан, на долю которого приходится 70,8% поверхности Земли, человечество испытывает нехватку воды, пригодной для питья. По данным ООН [2] в настоящее время каждый шестой житель нашей планеты испытывает нехватку питьевой воды. К 2025 году дефицит питьевой воды будут ощущать более половины государств планеты, а к середине XXI столетия уже три четверти населения Земли будет страдать из-за нехватки пресной воды.

Основными причинами такой ситуации являются глобальное потепление климата, повсеместное увеличение количества населения, расширение городских мегаполисов. Кроме того, снижение запасов пресной воды происходит из-за загрязнения стоками и промышленными выбросами, смыва удобрений с полей, а также проникновение соленой воды в водоносные грунтовые слои в прибрежных зонах морей и океанов.

Обессоливание (деминерализация) воды – это уменьшение содержания растворенных в жидкости солей. Существуют различные способы обессоливания: термический, ионообменный, электродиализ, обратный осмос воды и др. Термический метод, обратный осмос и электродиализ используют в промышленности для опреснения морской или засоленной воды. При небольших концентрациях солей целесообразно использовать метод ионного обмена.

Иссык-Кульская вода по своему ионному составу является хлоридно-сульфатно-натриевой, так как доминирующими ионами являются анионы хлора, сульфат-ионы, катионы натрия и в меньшей степени катионы магния. По степени общей минерализации иссык-кульская вода относится к водам средней минерализации (5-15 г/л). [3]

Образец воды был взят у северного побережья озера Иссык-Куль (село Сары Ой, май 2013 года).

Для усиления ионообменных свойств была проведена последовательная обработка ископаемого угля различными реагентами по методике, описанной в [4]. Сорбент на основе бурого угля Мин-Кушской группы имеет следующие характеристики:

статическая обменная ёмкость по NaOH 5,48 мг-экв/г, статическая обменная ёмкость по HCl 0,21 мг-экв/г, сумма кислых групп 3,60 мг-экв/г, содержание карбоксильных групп 1,71 мг-экв/г, зольность

$A^d = 0,43\%$ , содержание аналитической влаги  $W^a 10,68\%$ .

Деминерализацию исык-кульской воды проводили следующим образом:

Уголь, модифицированный по методике, приведенной в статье [4], предварительно высушивали в течение 1 часа при 105°C. Навеску угля поместили в коническую колбу с притертой пробкой и залили исык-кульской водой из расчета 10,765 г угля на 1 л воды. Полученную смесь выдерживали, в течение 5 суток при температуре 24°C периодически помешивая. Затем содержимое вылили в мерный цилиндр с притертой пробкой. Когда уголь отстоялся, пипеткой осторожно брали аликвотные части воды и проводили анализы [5]. Результаты анализа исык-кульской воды до после ионообменной сорбции приведены в таблице.

Анализируя полученные данные, можно сделать заключение, что сорбент на основе бурого угля месторождения Мин-Кушской группы обладает амфотерными свойствами и относится к полиамфолитам. Полиамфолиты – это биполярные органические иониты линейной и трехмерной структуры, в макромолекулах которых содержатся как анионо- (основные), так и катионообменные (кислотные) группы. В щелочной среде полиамфолиты работают как катиониты, в кислой – как аниониты. Амфотерность полиамфолитов проявляется в нейтральной среде [6].

Можно предположить, что в начале процесса ионообменной сорбции при pH 8,50 сорбент работает как катионит. Сорбируются катионы железа 68,42%, сумма катионов калия и натрия 52,24%, катионы кальция 42,73%, степень извлечения катионов Mg мала и составляет всего 1,01% от исходного их содержания в воде. Более высокий процент сорбции катионов двухвалентного железа, вероятно, объясняется щелочностью исык-кульской воды. Общей щелочностью воды называется суммарная концентрация содержащихся в воде анионов слабых неорганических кислот и некоторых солей слабых органических кислот (гуматов) [7]. «Для эффективного удаления железа щелочность должна быть более  $(1 + [Fe^{2+}] / 28)$  мг-экв/л, где  $[Fe^{2+}]$  – концентрация двухвалентного железа в мг/л » [7]. Расчет по приведенной формуле дал значение 1,196 мг-экв/л, что меньше общей щелочности, определенной в данной работе.

По мере уменьшения pH воды в процессе сорбции начинают участвовать анионы. Степень извлечения карбонат-ионов 100%, гидрокарбонат-

ионов 71,78%, сульфат-ионов 29,82%. Хлорид-ионы сорбируются хуже всего - 0,39% от исходного количества их в воде. Возможно, это связано с большим ионным радиусом иона  $Cl(1,81 \text{ \AA})$ . Кроме того, в [3] отмечается, что ионы Cl обладают очень высокой миграционной способностью, которая зависит от строения атома и его размера. Они не усваиваются растениями и бактериями и не образуют слаборастворимых соединений. Эти свойства придают ему характер геохимического индикатора.

Таблица

Химический состав воды озера Исык-Куль до и после ионообменной сорбции

Ионы	Кол-во ионов в воде до сорбции		Кол-во ионов в воде после сорбции		Кол-во сорбированных ионов	
	г/л	мг-экв	г/л	мг-экв	г/л	мг-экв
Анионы						
Cl	1,5314	43,20	1,5256	43,03	0,0058	0,17
SO <sub>4</sub>	1,7945	37,39	1,2595	26,24	0,5350	11,15
HCO <sub>3</sub>	0,3416	5,60	0,0964	1,58	0,2452	4,02
CO <sub>3</sub>	0,0528	1,76	0	0	0,0528	1,76
Щелочность	0,4317	5,60	0,1218	1,58	0,3099	4,02
Сумма анионов	4,1520	93,55	3,0033	72,43	1,1487	21,12
Катионы	г/л	мг-экв	г/л	мг-экв	г/л	мг-экв
Ca	0,1202	5,99	0,0687	3,43	0,0515	2,56
Mg	0,2771	22,80	0,2744	22,57	0,0028	0,23
Fe <sup>2+</sup>	0,0055	0,19	0,0017	0,06	0,0038	0,13
Σ K, Na	1,4845	64,57	0,7089	30,84	0,7755	33,73
Сумма катионов	1,8873	93,55	1,0537	56,90	0,8336	36,65
Сумма ионов	6,0393	187,10	4,0570	129,33	1,9823	57,77
pH	8,50		4,15		-	
Сухой остаток	6,24 г/л		4,14 г/л		-	
Плотность d	1,0040		-		-	

Суммарная сорбция всех ионов составила 30,88% от исходного их количества в воде. Причем, степень извлечения катионов составила 39,18%, анионов – 22,58%. Водородный показатель уменьшился. В исходной исык-кульской воде pH 8,50, в конце процесса сорбции pH 4,15. Сухой остаток (сухим остатком воды называется суммарное количество растворенных в ней нелетучих молекулярно-дисперсных и коллоидных веществ минерального и органического происхождения [7]), определяемый выпариванием определенного количества воды и доведением остатка до постоянного веса при 105-110°C, уменьшился в конце сорбции на 33,65% по сравнению с исходным содержанием в исык-кульской воде.

В состав сухого остатка входят органические вещества – растворимые в воде продукты жизнедеятельности животных и растительных организмов, населяющих озеро. Содержание органических веществ определяется приблизительно как разность

между сухим и минеральным остатком [7]. Минеральным остатком называется величина, полученная суммированием найденных в воде анализом катионов и анионов [7]. Расчет показал, что степень извлечения органики приблизительно 58,6%. Это свидетельствует о том, что сорбент, помимо способности к ионному обмену, может адсорбировать органические молекулы.

Таким образом, полученные данные по деминерализации воды озера Иссык-Куль расширяют возможности нетопливного использования бурых углей. Сорбент, полученный в результате последовательной обработки реагентами малозольного угля месторождения Мин-Кушской группы, может быть

предложен для очистки слабо- и среднеминерализованных вод.

#### Литература

1. Головин Г.С., Родэ В.В., Малолетнев А.С., Лунин В.В.// ХТТ. 2001. №4. С.3-24.
2. [akant-pm.ru/17-nexvatka-presnoj-vod](http://akant-pm.ru/17-nexvatka-presnoj-vod).
3. Озеро Иссык-Куль и тенденции его природного развития. Л.: Наука. 1986. 254 с.
4. Чурсина Н.А., Сарымсаков Ш.С.// Наука и новые технологии. 2011. №2. С.58-60.
5. Бахман В.И., Крапивина С.С. Анализ минеральных вод. М: Медгиз. 1956. 168 с.
6. [xumuk.ru/colloidchem/64.html](http://xumuk.ru/colloidchem/64.html)
7. [http://www.ekomarket.ru/analiz\\_vody/r\\_sol](http://www.ekomarket.ru/analiz_vody/r_sol)

Рецензент: к.х.н., доцент Сартова К.А.