Распределение элементов в донных отложениях озер Бурятии

Дампилова Б.В., Жамбалова Д.И.

Геологический институт Сибирского отделения РАН, г. Улан-Удэ, Россия, bdampilova@mail.ru

АННОТАЦИЯ: Впервые проведено сравнительное изучение химического состава и определение подвижных форм элементов донных отложений пресных и минеральных озер. В работе представлены результаты определения обменной, восстанавливаемой и окисляемой форм нахождения элементов в донных отложениях озера Гусиное, Белое, Сульфатное и Шанталык. Выявлено влияние биогенных процессов, выщелачивание пород и внешних источников поступления веществ на процесс накопления элементов в осадках. В донных отложениях минеральных озер преобладает количество окисляемых и подвижных форм. В пресном водоеме преобладает остаточная и восстановительная формы.

Distribution of elements in bottom sediments of lakes in Buryatia

Dampilova B.V., Zhambalova D.I.

Geological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Ulan -Ude, Russia, bdampilova@mail.ru

Abstract: For the first time, a comparative study of the chemical composition and determination of the mobile forms of elements of bottom sediments of fresh and mineral lakes was carried out. The paper presents the results of determining the exchange, renewable, and oxidizable forms of elements in the bottom sediments of Lake Gusinoe, Beloye, Sul-fatnoye, and Shantalyk. The influence of biogenic processes, leaching of rocks and external sources of input of substances on the process of accumulation of elements in sediments is revealed. In the bottom sediments of mineral lakes, the amount of oxidizable and mobile forms predominates. In fresh water, the residual and reducing forms prevail.

ВВЕДЕНИЕ

Донные отложения озёр весьма разнообразны по своим гидрохимическим особенностям в зависимости от происхождения и вида водоема. Интенсивность формирования, мощность, гранулометрический и химический состав донных отложений зависят от физико-географических условий бассейна и совокупности процессов, которые происходят в самих водоёмах и хозяйственной деятельности человека. Основная часть загрязняющих веществ в экосистемах из воды переходит в донные отложения, в результате чего грунты часто содержат высокие концентрации загрязняющих веществ, в то время как их концентрация в воде может и не быть повышенной. Данный факт объясняется тем, что донные отложения имеют свойство аккумулировать различные вещества, способствуя самоочищению водной среды. Однако при большом избытке загрязняющих веществ они могут представлять угрозу водоему, как источник вторичного загрязнения. Процесс накопления в водоёмах поступающих взвешенных частиц и растворенных элементов играет важную роль в формировании донных отложений. Поступающие вещества бывают внутреннего происхождения – продукты разрушения берегов; породы, слагающей чашу водоема; подземные источники воды; элементы, выпадающие из раствора; остатки отмерших гидробионтов и внешнего происхождения – стоки грунтовых и сточных вод; частицы, привнесенные ветром.

Минерализация воды оказывает непосредственное влияние на состав и характер озерных накоплений. По степени минерализации, химическому составу и гидрохимическому режиму водоемы также имеют различия между собой. На химический состав воды оказывают влияние притоки рек, сток поверхностных вод и подземное питание, а также геологическое строение водоема. Так, воды непроточных озер по сравнению с проточными в значительном количестве содержат хлорид- и сульфат-ионы [1]. Для сравнения химического состава донных отложений нами были изучены в данной работе озера с различными гидрохимическими условиями формирования вод. Рассмотрены озера Гусиное, Шанталык, Сульфатное и Белое. Котловина Гусиного озера сложена изверженными породами – гранитами и эффузивами триаса и верхнего палеозоя, гнейсами и кварцитами докембрийского возраста, осадочными породами и рыхлыми четвертичными образованиями, а также аллювиальными донными отложениями [2]. Озеро Гусиное является одним из самых крупных пресных водоемов на юге Бурятии. Оно относится к слабо проточным озерам и имеет рыбохозяйственное значение. С момента освоения Холбоьджинского угольного месторождения (1961 г), запуска Гусино-озерской ГРЭС (1976 г), строительства железной дороги вдоль всего западного побережья озера водоем интенсивно подвергается техногенному воздействию.

Озеро Шанталык сформировано голоценовыми отложениями аллювиального генетического типа. По своему происхождению это озеро-старица или провал. Донные отложения озера представлены алевритовыми и пелитовыми илами, мелкими песками и крупным гравием [1]. Воды озера характеризуются высокими содержаниями нитратов, фосфатов, железа и двуокиси кремния, которые, по мнению авторов, вымываются из донных отложений. Вода озера является гидрокарбонатной с большим количеством органического вещества. На озеро антропогенное влияние не оказывается, ведется любительский отлов рыбы.

Сульфатное озеро является типичным представителем соленых сульфатных озер континентального типа, имеет повышенную минерализацию воды. Озеро в 17-м веке использовалось в производстве поваренной соли, минеральных красок и квасцов, велась добыча сульфатов. В настоящее время на озере осуществляется любительский лов рыбы.

Минеральное содовое озеро Белое является непроточным с подземным источником питания за счет близко залегающих грунтовых минерализованных вод. Вода в озере сульфатно-натриевого типа. В донных отложениях озера обнаружены активно развивающиеся алкалофильные гетеротрофные бактерии разлагающие органические вещества [3].

Уменьшение концентрации неорганических соединений в воде дифференцируется в зависимости от их химической природы. Так, соединения железа, марганца, алюминия, хрома и некоторых других металлов подвергаются либо окислению, после чего в форме гидратов окислов они осаждаются на дно, либо сорбции на минеральных естественных взвешах с последующей седиментацией. Свободные кислоты и щелочи нейтрализуются за счет естественной буферности воды водоемов. Соединения биогенных элементов извлекаются в процессе фотосинтеза водными растениями. Некоторые минеральные вещества и особо устойчивые к окислению органические соединения остаются в водоеме в растворенном состоянии. Забайкалье характеризуется преобладанием процессов испарения с поверхности земли над количеством выпадающих в течение года атмосферных осадков. Большое значение в формировании химического состава природных вод имеет геологическое строение местности, которое определяет гидрохимический тип воды и ее химический состав воды. Этому способствуют процессы физического и химического выветривания, овражной и склоновой эрозии, абразия и оползни. Эти геодинамические процессы по-

ставляют материал в реки и озера, что ведет при выщелачивании к увеличению минерализации воды.

В настоящей работе впервые определены содержания и формы нахождения меди, цинка, хрома, свинца, никеля, железа, марганца в донных отложениях различных по типу (происхождению) озер по современному методу последовательного экстрагирования химических элементов в статическом режиме с использованием стандартного образца.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе были использованы образцы донных отложений трех типов озер: пресное озеро Гусиное, минеральные сульфатные озера Сульфатное и Белое, пресное озеро Шанталык со склонностью преобразования в озеро содовонатриевого типа. Химический состав воды в озерах представлен в работе [6]. Оценка качества донных отложений была произведена с помощью статического метода фракционирования форм элементов BCR (Community Bureau of Reference) [4]. Данный метод позволяет определить формы нахождения элементов, связанных с конкретными фазами донных отложений, путем их извлечения из пробы различными реагентами. В настоящее время разработанный метод является стандартом для фракционирования соединений тяжелых металлов в донных отложениях и почве в Европе. Наряду с исследованными образцами анализировался стандартный образец BCR-701 с аттестованным содержанием экстрагируемых форм Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn. Были выделены геохимические фракции форм нахождения тяжелых металлов: 1 – ионообменная водо- и кислоторастворимая (в эту фракцию концентрируются металлы, адсорбированные на поверхности глинистых частиц и легко переходящие в раствор при изменениях pH, а также карбонатные формы), 2 – оксидов железа и марганца (эти поглотители металлов нестабильны при дефиците кислорода), 3 – органических веществ и сульфидов (освобождение растворимых металлов из этой фракции возможно в окислительных условиях), 4 – остаточная фракция.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ химического состава образцов выявил, что донные осадки озера Шанталык по сравнению с другими образцами имеют высокие валовые содержания $Zn > Cr > Cu > Ni > Pb$ (табл. 1). Вода в озере имеет минерализацию всего 76,6 мг/л, что в 3 раза меньше чем в озере Гусиное (230 мг/л). Возможно, это связано с процессами, происходящими в водоеме. Озеро, за-

иленное и имеет наибольшую глубину всего 1 м. Оно образовано в результате тектонических разломов, в которых вода обогащается медью, цинком, кадмием. Вследствие биогенных процессов и небольших количеств углекислого газа и кислорода щелочноземельные элементы не выпадают из раствора, что способствует формированию вод содово-натриевого типа. [5]. Таким образом, вследствие всех этих процессов, донные отложения озера Шанталык, вероятно, продолжительное время аккумуляровали в себе тяжелые металлы и другие элементы. Разложение растительных остатков и деятельность микроорганизмов способствовали накоплению элементов в иле озера. Поэтому в настоящее время наблюдаются повышенные содержания тяжелых металлов в донных осадках. В озере Гусиное и сульфатных водоёмах количество тяжелых металлов по сравнению с

озером Шанталык значительно ниже и их содержание убывает в другой последовательности $Zn > Cr > Ni > Cu > Pb$. При этом в донных отложениях озера Гусино обнаружены данные элементы в большем количестве, чем в минеральных озерах Сульфатное и Белое. Данное различие между солеными и пресными озерами ранее указывалось в работе [6]. В донных отложениях соленых озер преобладают осадки, формирующиеся в водоеме. Повышенные значения тяжелых металлов в донных отложениях озера Гусино, вероятно связано с интенсивным техногенным воздействием промышленных и хозяйственных объектов (ГРЭС; очистные сооружения города Гусиноозерск; железная дорога и станции; закрытый Холбольтжинский угольный разрез и т.п.).

Таблица 1. Валовое содержание элементов (мг/кг) в анализируемых образцах донных отложений (n=3, P=0,95).

озеро	Zn	Cr	Cu	Ni	Pb	Fe	Mn
Шанталык	405	299	269	98,6	30,6	31020	670
Гусиное	74,2	43,6	25,4	30,2	4,3	30140	434
Белое	47,2	27,4	10,2	14,2	2,2	16312	754
Сульфатное	20,8	14,8	5,1	29,8	3,4	5708	233

Анализ диаграмм распределения элементов по формам выявил следующее. В донных отложениях озера Гусино преобладает остаточная форма элементов. Так значения Fe, Cr, Ni, Cu и Mn достигают 65% и выше (рис.). Количество обменных форм не превышает 10%. При этом высока доля восстанавливаемой фракции, показывающей количество элементов связанных с оксидами Fe и Mn. Значение Pb и Zn в данной форме достигает 36 и 56% соответственно. В случае изменения восстановительных процессов в водоеме (активизации процессов застоя, гниения, разложения и прочее) произойдет высвобождение элементов связанных с оксидами марганца и железа и тяжелые металлы перейдут в обменную форму. В таком виде они будут представлять потенциальную опасность для окружающей среды.

В донных отложениях озер Шанталык, Белое и Сульфатное по сравнению с озером Гусино доля окисляемых и обменных форм больше. Содержание тяжелых металлов в окисляемой форме находится в пределах 9-39%. В данных образцах выявлены большие количества обменных форм Ni, Mn и Pb. Диаграммы озер Белое и Сульфатное имеют схожий тип. В окисляемой форме меди по 36%, остальные тяжелые металлы в пределах 9-26%. Подвижных форм тяжелых металлов в пробах 4-19%. Озеро Шанталык отличается большим количеством

обменных форм металлов. Их значение составляет 7-25%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пресные и минеральные озера различаются по содержанию форм элементов в донных осадках. На процесс накопления элементов в осадках оказывают влияние биогенные процессы, выщелачивание пород и внешние источники поступления веществ. В донных отложениях минеральных озер преобладает количество окисляемых и подвижных форм. В пресном водоеме преобладает остаточная и восстановительная формы. Причиной высоких валовых содержания элементов в донных отложениях озера Шанталык, вероятно являются геологическое строение водоема и активно протекающие биогенные процессы.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ГИН СО РАН по проекту IX.137.1.4. № гос. рег. АААА-А17-117021310076-3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обожин В.Н., Богданов В.Т., Кликунова О.Ф. Гидрохимия рек и озер Бурятии. – Новосибирск: Наука, 1084. – 151 с.
2. Колдышева Р.Я. Многолетнемерзлые породы // Гидрогеология СССР. Т. XXII. Бурятская АССР. М.: Недра, 1970. – С. 67.

3. Цыренов Б.С., Дамбаев В.Б., Абидуева Е.Ю. Микробиологическая и гидрохимическая характеристика озера Белое (Оронгойское) // Вестник БГУ, 2008. – № 4. – с. 92-95

4. Whalley C., Grant. A. Assessment of the phase selectivity of the European Community Bureau of Reference (BCR) sequential extraction procedure for metals in sediment // *Analyt. Chem. Acta.* 1994. – V. 61. – P. 2211-2221.

5. Перязева Е.Г., Плюснин А.М., Гармаева С.З., Будаев Р.Ц., Жамбалова Д.И. Особенности

формирования химического состава вод озер восточного побережья Байкала // *География и природные ресурсы.* № 5, 2016. – с. 49-59.

6. Плюснин А.М., Хажеева З.И., Санжанова С.С., Перязева Е.Г., Ангахаева Н.А. Сульфатные минеральные озера Западного Забайкалья: условия образования, химический состав воды и донных отложений. DOI: 10.15372/GiG2019154.