

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В СИСТЕМЕ «АТМОСФЕРА-ПОЧВА-ПРИТОКИ БАЙКАЛА»

Тарасова Е.Н., Мамонтов А.А., Мамонтова Е.А.

Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск.

e-mail: tarasova@igc.irk.ru

Неотъемлемым компонентом разных сред биосферы являются органические вещества (ОВ), которые по количеству и качественному составу различны. Именно органическое вещество, растворенное и взвешенное, «косное» и «живое» по В.И. Вернадскому [1954] определяет в основном ту разницу в свойствах, которая существует между природными водами и растворами тех же солей и газов в дистиллированной воде [Скопинцев, 1950]. Важным аспектом взаимодействия суши с водоемами является комплексность исследования. Нами в данном сообщении представлены исследования качественного состава органического вещества в системе «атмосфера-почва-притоки Байкала». Качественный состав органического вещества определялся на основе величин отношения C:N и C:P. Величины отношения C:N и C:P дают возможность судить о генетической природе ОВ. В планктонных организмах C:N=5:7, в гумусе почв (и в современных морских грунтах) оно равно 8:12, в водных и наземных растениях – 20:40. Узкому отношению C:N соответствует узкое отношение C:P (около 150), при широком C:N – C:P больше 500 [Скопинцев, 1950].

На территории Иркутской области, благодаря богатому ресурсному потенциалу, размещены отраслевые комплексы: топливно-энергетической, химической, лесной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, цветной металлургии и др. Следует отметить, что значительная часть загрязнения от предприятий поступает в окружающую среду с их атмосферными выбросами. В связи с тем, что снеговой покров в Иркутской области лежит довольно продолжительное время, 5-6 месяцев, он может являться показателем загрязнения атмосферы за этот период времени.

Первые сведения о содержании органического вещества и биогенных элементов в атмосферных осадках и эоловой взвеси над Байкалом приведены в [Вотинцев, Мещерякова, 1957; Вотинцев и др., 1975]. К сожалению, исследования органического вещества ограничивались определением перманганатной окисляемости, а биогенные элементы – их минеральными соединениями (аммонийный, нитритный и нитратный азот, фосфатный фосфор) только в растворенной форме, причем фильтрация талой снеговой воды проводилась через бумажные фильтры синей ленты, а отбор проб покрова на акватории озера и его бассейна осуществлялся в конце марта. Нами исследования были дополнены определением органических форм углерода, азота и фосфора как в растворенной, так и во взвешенной фракции.

Климатические условия бассейна Байкала отличаются большим разнообразием. Климат здесь резко континентальный, с резко выраженной территориальной и вертикальной зональностью. Зима холодная, малоснежная и продолжительная; лето короткое и засушливое. По многолетним данным, среднегодовая температура колеблется от +0.3 до –5° С. Абсолютный минимум зимних температур достигает –55 °С. Безморозный период продолжается от 45 дней в году на северо-востоке до 125-130 дней в южной части бассейна. В суровые бесснежные зимы почва промерзает на большую глубину [Атлас Байкала, 1993].

Осадки распределяются неравномерно: от 220 до 430 мм в год. Они выпадают в основном во второй половине лета. Весной испаряемость настолько высока, что местами превышает сумму выпадающих осадков [Атлас Байкала, 1993].

В структуре почвенного покрова преобладают горно-таежные почвы, пески и выходы горных пород, незначительная доля приходится на черноземы, различного типа подзолистые

почвы, дерново-карбонатные, серые лесные, аллювиально-луговые, болотно-торфянистые, солонцы и аллювиально-болотные почвы [Атлас Байкала, 1993].

Бассейн Байкала богат водными ресурсами. Суммарный поверхностный сток воды в озеро в границах водосборного бассейна составляет 60.4 тыс. куб. км в год. Главная артерия бассейна – река Селенга, кроме того, на его территории насчитывается свыше 330 рек и речек [Бочкарев, 1959; Вотинцев, 1961; Вотинцев и др., 1965].

С конца февраля-начала марта 1992-2003 гг. пробы снегового покрова отбирались в рамках снегоотбора, организованного Институтом геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, по профилям: Иркутск-Листвянка, Баяндай-Иркутск-Слюдянка, Иркутск-Голоустное, Муруй-Жигалово, а также по побережью Южного Байкала от Слюдянки до Танхоя, в Тункинской долине и в городах: Иркутск, Ангарск, Усолье-Сибирское, Черемхово, Зима, Саянск, Байкальск, Слюдянка, Шелехов. Выбор этой схемы пробоотбора определялся с учетом доминирующих ветров, различных типов ландшафтов и размещения промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Пробы отбирались металлическим пробоотборником в чистые полиэтиленовые пакеты. При отборе учитывались расстояние от магистралей (не менее 150 м), толщина снегового покрова, площадь, с которой был произведен отбор проб снега. До проведения анализа снег хранился в неоттапливаемом темном помещении.

Материалом для настоящего сообщения явился также отбор проб почвы в июле-августе 1997-2010 гг и, наконец, многолетние ежемесячные исследования в основных притоках Байкала.

Отбор проб почв производился методом конверта почвенным буром на глубину до 20 см. Отбор проб снега производился на всю глубину снегового покрова. Отобранные пробы транспортировались в институт геохимии, где хранились до начала проведения аналитических работ в морозильной камере при -30°C . Более подробно процедура выбора точек пробоотбора описана А.А. Мамонтовым [2001]

Органический углерод определялся персульфатным окислением и по методу сухого сжигания, органический азот - по методу Кьельдаля в модификации М.Я. Дудовой, общий фосфор – персульфатным окислением, все эти методы подробно описаны в [Тарасова, 1975; Тарасова, Мещерякова, 1992].

Исследуемые компоненты трофического статуса в снеге Иркутской области и Прибайкалья распределены неравномерно и изменяются в широких пределах: общее количество взвеси – от 6.6 мг/л до 1320 мг/л; аммонийный азот (N-NH_4^+) – от 4-14 мкг/л до 680 мкг/л; нитритный азот (N-NO_2^-) – от 0.4 до 42 мкг/л; нитратный азот (N-NO_3^-) – от 46 мкг/л до 1019 мкг/л; азот органический (Norg) от 40 до 2360 мкг/л; углерод органический (Corg) от 0.71 мг/л до 34.93 мг/л; фосфор минеральный – от 4 мкг/л до 160 мкг/л; фосфор органический (Porg) – от 4 мкг/л до 313 мкг/л; кремний (Si-SiO_2) от 460 мкг/л до 3400 мкг/л. Общей закономерностью является преобладание фосфора (минерального и органического) и углерода во взвешенной фракции (до 99 %). Следует отметить, что величины отношения аммонийного азота к нитратному максимальны вблизи промышленных городов и убывают по мере удаления от источника загрязнения, таким образом, они могут служить для обнаружения источника загрязнения. Содержание фосфора в атмосферных осадках над акваторией озера несколько ниже, чем наблюдаемые в различных районах мира. Так, среднегодовая концентрация общего фосфора в атмосферных осадках над Нарочанскими озерами составляет 30 мкг/л [Экологическая система Нарочанских озер, 1985], над Ладожским озером – 32 мкг/л [Химический состав атмосферных осадков на европейской территории СССР, 1964; Ладожское озеро, 2000; 2002; Онежское озеро, 1999], в снеге из района оз. Кун-Лейка (Канада) концентрация фосфора достигает до 59 мкг/л [Adams et al, 1979]. Среднегодовые значения общего азота на северо-западе Белоруссии в бассейне р. Неман составляют 1500 мкг/л [Экологическая система Нарочанских озер, 1985], что в 2.5 раза превышает максимальное содержание общего азота в осадках над Байкалом (600 мкг/л) [Тарасова, Мещерякова, 1992; Тарасова и др., 1986; Ходжер и др., 1987].

Концентрация Сорг. в снежном покрове озера Байкал изменяется от 1.00 до 13.60 мг/л. Органическое вещество эоловой взвеси составляет в среднем 30%. Как правило, наибольшее количество органического вещества отмечалось у берегов озера и в населенных пунктах, к центру же происходит его снижение. Максимальные концентрации органических форм азота и фосфора, как и углерода, найдены у городов Байкальска, Улан-Удэ, Селенгинска, Нижнеангарска, Иркутска, Шелехова, Усолье-Сибирского и др.

Содержание элементного состава органического вещества почвенного покрова Байкальского региона крайне неравномерно. Повышенные величины найдены в населенных пунктах (углерода до 8.8%, азота до 1.3%, фосфора до 0.09% сухого веса). Минимальные (1.1, 0.1 и 0.004% соответственно) – на острове Ольхон. Более высокое содержание органического вещества в почвенном покрове южной части озера, нежели в средней и северной, видимо, обусловлено влиянием атмосферного переноса со стороны Черемхово-Усольско-Ангарско-Иркутского промышленного комплекса.

По содержанию органического вещества (углерода, азота и фосфора) воды притоков Байкала существенно различаются. Его сезонная изменчивость подчинена общей закономерности: минимальные значения приурочены к зимнему периоду. С увеличением расходов воды в реке во внепаводковое время концентрация органического вещества вод притоков обычно выше, чем зимой. С увеличением расходов воды в реке в период весенних паводков и при выпадении обильных осадков (хотя и не вызывающих паводки) содержание органического вещества возрастает, в отдельных случаях достигая своего максимума. Для большинства исследованных рек годовой максимум органического вещества приходится на период весеннего паводка (апрель-июнь). Для некоторых из них (реки Турка, Хара-Мурин, Рель, Тья) этот максимум – единственный в году; в других реках (Снежная, Мысовая, Бугульдейка, Томпа) наряду с осенним наблюдается второй (летний) максимум, приходящийся на июль-август или даже сентябрь. Самые крупные притоки Байкала – Селенга, Баргузин, Верхняя Ангара – в отличие от других рек характеризуются высокими значениями органического вещества на протяжении всего летнего периода (с мая по сентябрь), что связано прежде всего с большой площадью их водосбора.

Отношения углерода к азоту и фосфору в снежном покрове городов очень низки, на акватории озера они возрастают, но остаются ниже, чем наблюдаются в водах притоков озера и в самом озере. Так, в снежном покрове Байкальского региона весовые величины отношений С:N изменяются от 2 до 30, С:P – от 20 до 550; в притоках озера в нефилтрованной воде они составляют соответственно – 7-16 и 226-770; во взвешенном веществе вод притоков – 10-30 и 208-735. Самые низкие величины указанных отношений отмечались в почвенном покрове и составляли соответственно 3-20 и 30-380.

Как видно, в притоках озера происходит обогащение вод азотом и фосфором за счет разрушения взвешенного аллохтонного органического вещества из почвенного покрова и атмосферных осадков. Особенно четко такая закономерность проявляется в период паводка в реках.

Выполненные исследования поддержаны грантами РФФИ № 04-05-64870, № 07-05-00697, № 10-05-00663.

Литература

Атлас Байкала. Гл. редактор Г.И. Галазий. – М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1993. – 160 с.

Бочкарев П.Ф. Гидрохимия рек восточной Сибири. – Иркутск: Иркутское книжное изд-во, 1959. – 155 с.

Вернадский В.И. Очерки геохимии. Избранные сочинения. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 654 с.

- Вотинцев К.К. Гидрохимия озера Байкал // Тр. Байкал. лимнол. ст. АН СССР. 1961. Т. 20. – 311 с.
- Вотинцев К.К., Глазунов И.В., Толмачева А.П. Гидрохимия рек бассейна озера Байкал // Тр. ЛИН СО АН СССР. 1965. Т.8 (28). – 495 с.
- Вотинцев К.К., Мещерякова А.И. Роль золотого переноса в формировании донных отложений и химического состава вод Байкала // ДАН АН СССР. 1957. Т. 141. № 6. С 1426-1428.
- Вотинцев К.К., Мещерякова А.И., Поповская Г.И. Круговорот органического вещества в озере Байкал. – Новосибирск: Наука, 1975. – 190 с.
- Ладожское озеро. Мониторинг, исследование современного состояния и проблемы управления Ладожским озером и другими большими озерами. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2000. – 490 с.
- Ладожское озеро – прошлое, настоящее, будущее. – СПб: Наука, 2002. – 327 с.
- Мамонтов А.А. Полихлорированные дибензо-пара-диоксины и родственные соединения в экосистеме озера Байкал. – М.: Академия наук о Земле, 2001. – 68 с.
- Онежское озеро. Экологические проблемы. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1999. – 293 с.
- Скопинцев Б.А. Органическое вещество в природных водах (водный гумус) // Тр. ГОИН. 1950. Т. 17(29). – 290 с.
- Тарасова Е.Н. Органическое вещество вод Южного Байкала. – Новосибирск: Наука, 1975. – 148 с.
- Тарасова Е.Н., Мещерякова А.И. Современное состояние гидрохимического режима озера Байкал. – Новосибирск: ВО «Наука», 1992. – 144 с.
- Тарасова Е.Н., Мещерякова А.И., Ходжер Т.В. Органическое вещество атмосферных осадков в химическом балансе Байкала // Комплексные методы контроля качества природной среды. – Черноголовка, 1986. С.128.
- Ходжер Т.В., Тарасова Е.Н., Андрухова В.Я. Органическое вещество и биогенные элементы в атмосферных осадках и задачи дальнейших исследований // Региональный мониторинг состояния озера Байкал. 1987. С.71-79.
- Химический состав атмосферных осадков на европейской территории СССР / Дроздова В.М., Петренчук С.П., Селезнева Е.С. и др. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 209 с.
- Экологическая система Нарочанских озер. – Минск: Изд-во Университетское, 1985. – 302 с.
- Adams W.P., English M.C., Lasenby D.C. Snow and ice in the phosphorus budget of a lake in South Central Ontario // Water Res. 1979. V.13, № 2. P. 213-215.