

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РЕЧНЫХ ВОДАХ БАССЕЙНА СЕЛЕНГИ

Хажеева З.И., Плюснин А.М.

Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ

Химический состав речных вод отражает общие природно-климатические особенности данного региона (количество атмосферных осадков, температурный режим, тип почв и растительности) и конкретные условия на водосборе (состав пород, геоморфологические особенности). В то же время, речные воды подвержены активной нагрузке (водопотребление) и пассивному антропогенному воздействию (сброс сточных вод) и их химический, в том числе микроэлементный, состав служит интегральным показателем воздействия хозяйственной деятельности.

Микроэлементный состав рек бассейна Селенги наименее изучен. Все возрастающее антропогенное воздействие на водотоки и возможная токсичность повышенного содержания в воде ряда металлов для гидробионтов привлекает внимание к уровням концентрации металлов в воде рек. На рис.1 приведены усредненные содержания 35 элементов в воде рек, нормированные к содержанию рек мира [Шварцев, 1998].

В р. Селенга высокий промывной режим обуславливает относительно низкие концентрации большинства элементов. Среди осадочных пород в первую очередь наиболее интенсивно выщелачиваются карбонатные, они насыщены преимущественно Ca, Sr, Mg, V. Воды, сформированные на этих породах, помимо указанных элементов, обогащены также Ba, Sn, Cs, Zn, Cu. Кислые породы содержат повышенные количества лантаноидов, что подтверждается приведенным рис. 1а.

В дельте р. Селенги происходит осаждение речных наносов, постоянным компонентом которых являются глинистые минералы, которые слагают тонкопелитовую и пелитовую части фракций? наряду с другими минералами. Глинистые отложения концентрируют большинство элементов. Карбонатная составляющая речных наносов представлена двумя генетическими типами – терригенным и аутигенным. В речных наносах дельты встречаются карбонатные алевропелитовые и пелитовые илы, в которых содержание карбонатов достаточно существенно. Относительно повышенная биогенная нагрузка, гумификация водосбора, частичное развитие процессов оглеения активизируют миграцию Ca, Mg, Na, Mn, P, Ni, Cu, Zn, Ga, Ba, Sr, а также элементов антропогенного происхождения Sn, Cr, Ni, Cd, Sc и лантаноидов (рис. 1 б).

В притоках р. Селенги реках Чикой, Хилок, Уда, Джиды и Темник прослеживаются закономерности, характерные для р. Селенга, однако, обращают внимание существенно большие содержания лантаноидов в водах р. Чикой. Характерной особенностью всех рек является заметное содержание Sb, Sn, Sc, что обусловлено выносом их с водосбора с гумусом и усилением биогеохимического круговорота Mn и Zn (рис. 1 в).

Минимальные фоновые уровни растворенных металлов, наблюдаемые в реках бассейна Селенги, дренирующих залесенные гористые малонаселенные водосборы (в верховье рр. Селенга (Монголия), Джиды, Хилок, Чикой, Уда и р. Темник) составляют 1.9-9.8 мкг Cu/л, 4.3-36.2 мкг Zn/л, 1.4-28.3 мкг Mn/л, 0.08-0.86 мкг Cr/л, 0.4-3.4 мкг Ni/л, 0.02-0.09 мкг Cd/л, 1.2-5.7 мкг Pb/л, 20.4-80.5 мкг Fe/л, 0.08-0.32 мкгAs/л, 0.1-0.7 мкгHg/л. На участках рек Селенга, Уда, Хилок с большим уровнем общей антропогенной нагрузки средние содержания растворенных Zn, Cu, Pb, Ni возрастают почти 1.4-3 раза и Fe и Mn – в 3-6 раз. При увеличении техногенной нагрузки в виде поступления стоков с хвостохранилища горнорудных предприятий (рр. Модонкуль, Хангал) возрастание может достигать для Zn, Cu 1.5-2.3 порядка относительно фона.

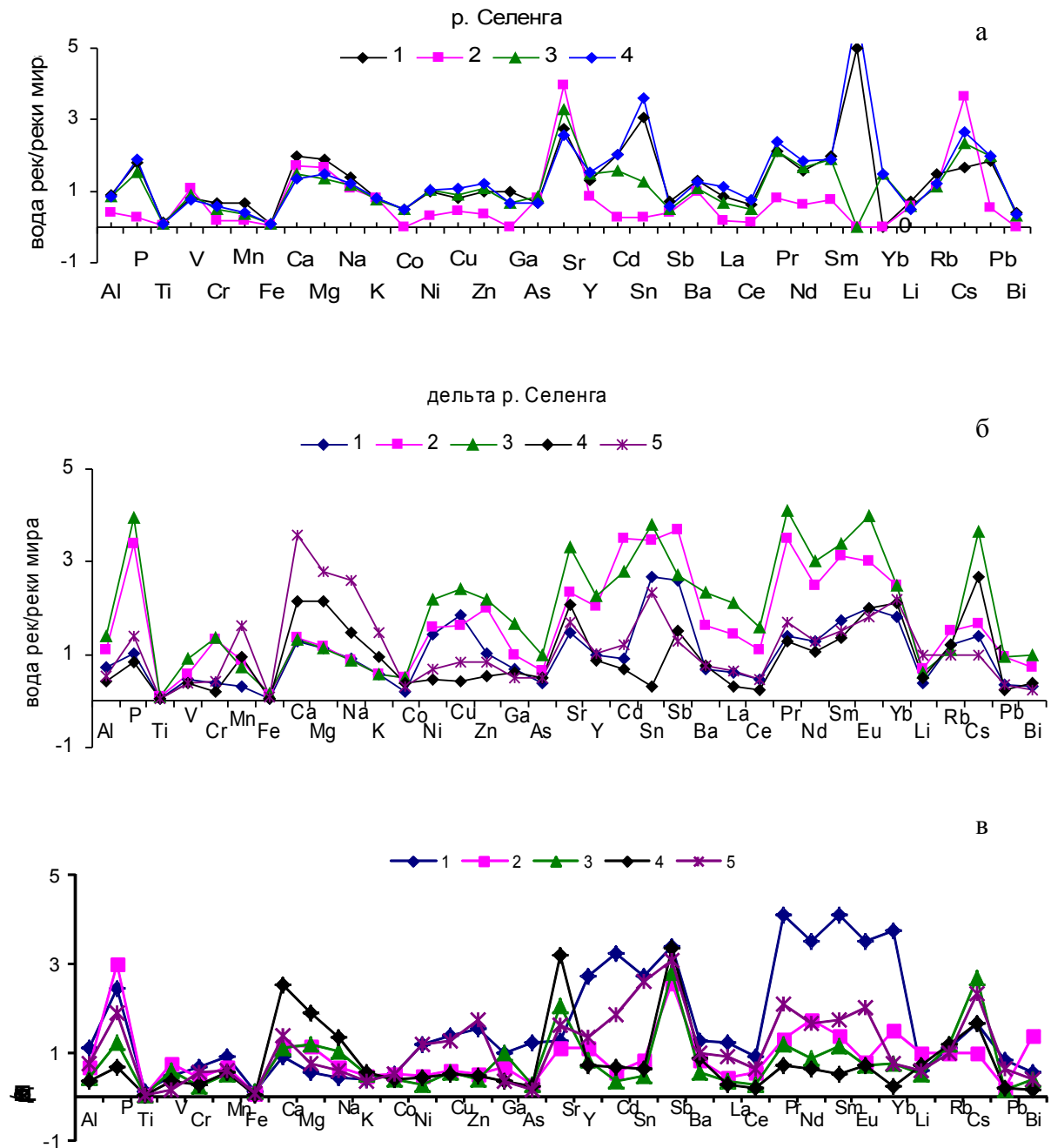


Рис. 1. Усредненные содержания элементов в воде рек бассейна Селенги нормированные к содержанию рек мира [Шварцев, 1998]: а – р. Селенга: 1 – пос. Наушки, 2 – с. Новоселенгинск, 3 – разъезд Мостовой, 4 – пос. Кабанск; б – дельта р. Селенга: 1 – Мурзино, 2 – протока Харауз, 3 – протока Лобановская, 4 – протока Средняя, 5 – протока Колпинная; в – притоки р. Селенга: 1 – р. Чикой, 2 – р. Хилок, 3 – р.Уда, 4 – р.Джида, 5 – р. Темник.

Характер сезонной изменчивости растворенных форм различных металлов в реках разнообразен, что свидетельствует о сложной комбинации контролирующих факторов. Влияние гидрологического цикла на сезонное изменение содержания микроэлементов в реке зависит от соотношения их концентрации в атмосферных и грунтовых водах.

Данные по изменению концентрации растворенных металлов в ходе весеннего половодья свидетельствуют о максимальной концентрации практически всех металлов и о дальнейшем их снижении в течение 3-5 недель (рис.2). Снижение концентрации обусловлено

истощением запасов способных к выносу форм нахождения и высоким расходом воды. Аналогичное разбавляющее влияние оказывают дождевые паводки при поступлении металлов в реку с антропогенными стоками. Так, в среднем течении Селенги, находящейся под прямым влиянием сточных вод г. Улан-Удэ, летние дождевые паводки приводят к снижению контрастности антропогенных потоков рассеяния растворенных Zn и Mn. Для растворенных Cu, Cd и Pb подобная связь отсутствует, что указывает на незначительное поступление растворенных форм этих металлов со стоками г. Улан-Удэ.

Тренд сезонного изменения концентрации растворенного Fe в р. Селенга выражается в увеличении от зимы к весне и в уменьшении от весны-лето к осени. Дробное опробование подтверждает наличие значительного максимума в начале половодья с последующим снижением в 2-3 раза (рис.2) и объясняется усиленной мобилизацией Fe в раствор весной и последующим удалением из раствора, связанным в том числе с сезонным повышением pH в воде. Изменение ландшафтной структуры водосбора в нижнем течении и дельте реки, а именно – увеличении роли отчасти заболоченных ландшафтов, является причиной несколько иной сезонной изменчивости растворенных форм Fe в реке. Восстановительные процессы на водосборе усиливаются к концу лета и осени и определяют тенденцию увеличения растворенных форм Fe в это время. Аналогичное поведение характерно для сезонных изменений концентраций растворенного Zn, отличаясь только в масштабах роста концентрации.

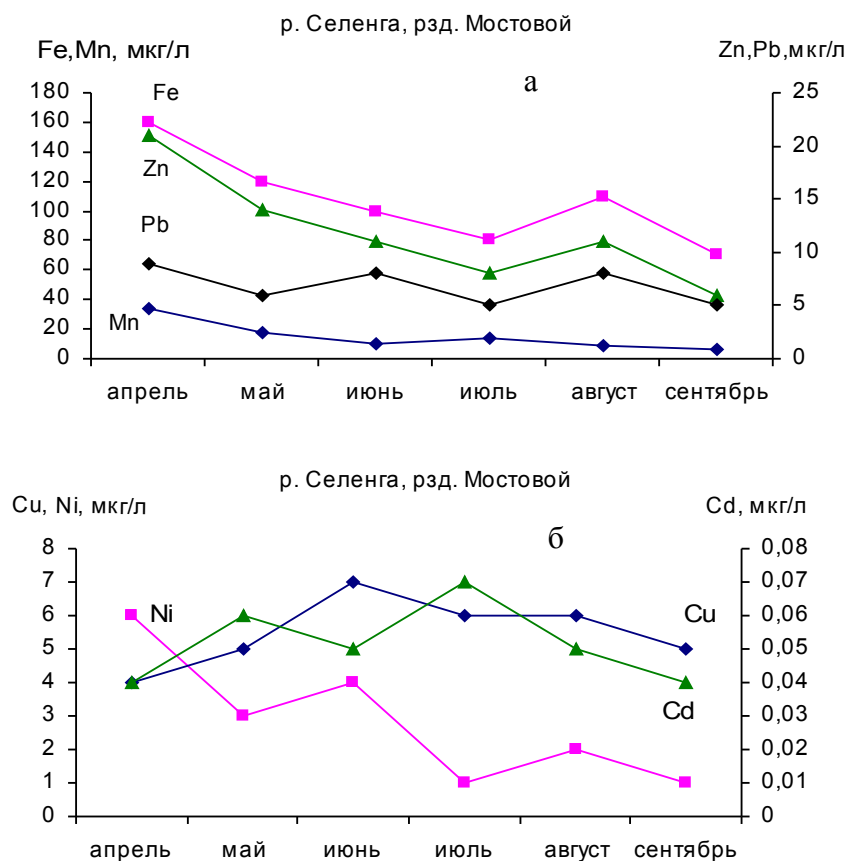


Рис. 2. Сезонное изменение растворенных форм металлов Fe, Mn, Zn, Pb (а) и Cu, Ni, Cd (б) в среднем течении р. Селенга с апреля по октябрь 2006 г.

Для Mn более четко выражена динамика увеличения концентрации растворенных форм к осени. Вероятно, это связано с тем, что Mn весьма подвижен в восстановительных глеевых условиях, активно идущих в пойменных заболоченных ландшафтах. Кроме того, восстановительные условия – типичное явление в водотоках, загрязненных органическими

стоками, например, в Селенге ниже г. Улан-Удэ, и, соответственно, на этом участке реки антропогенная нагрузка сопровождается увеличением концентрации Mn в растворе. Отсутствие выраженного сезонного увеличения концентрации Mn в притоках (рр. Темник, Джида, Чикой) указывает на то, что окислительно-восстановительные процессы в пойменных ландшафтах служат основной причиной сезонной изменчивости концентрации растворенного Mn в 2-4 раза в рр. Селенга (ниже г. Улан-Удэ, в нижнем течении и дельте), Уда, Хилок. В то же время наблюдается явная тенденция увеличения масштаба роста концентрации Mn от среднего к нижнему течению и наибольшие содержания в воде протоков дельты Селенги.

Характер сезонного распределения растворенных форм Pb в р. Селенга аналогичен таковым Fe и Zn с максимальными концентрациями (увеличение в 1.2-2.6 раза) во время высокой воды в апреле-мае и снижается в межень, что обусловлено, вероятно, преобладанием рассеянного загрязнения. В притоках же концентрация растворенного Pb, наоборот, минимальна в весеннее половодье и возрастает в межень (в 1.1-1.6 раза) (рис.2).

Сезонное увеличение растворенных Cu и Cd во время половодья менее контрастно, характерно плавное повышение в 1.1-1.7 раза в период открытой воды, что обусловлено увеличением концентрации растворенных органических веществ.

Следующим фактором, способным влиять на сезонную изменчивость концентрации металлов в растворе речных вод, является содержание взвеси. Среднегодовое содержание взвеси изменяется в пределах 32-62 мг/л, а в межень 5.4-25.8 мг/л. При этом в период весеннего половодья и летних паводков мутность воды р. Селенга может кратковременно повышаться до 235-496 мг/л. При этом особенностью миграции металлов является большая роль взвешенных форм, значительная часть металлов мигрирует именно в составе взвеси, а не в растворе.

Несмотря на высокую изменчивость содержания взвешенных форм металлов, для большинства металлов характерно преобладание взвешенных форм в общем потоке металлов, переносимых реками. В горных реках (р. Темник) наблюдается преобладание растворенных форм для Cu и Cd, равная доля растворенных и взвешенных форм для Mn и Zn и доминирование взвешенных форм Pb и Fe. Для равнинных рек (Селенга, Хилок, Уда) во время летних паводков преобладание взвешенных форм становится доминирующим. Практически во всех реках металлы образуют ряд по увеличению роли взвешенных форм миграции: Fe > Pb > Zn > Mn > Cu > Cd, независимо от количества взвеси.

Главным природным фактором, влияющим на концентрацию металлов во взвеси, является ее гранулометрический состав – при паводках преобладает песчано-алевритовая, в межень – алевритопелитовая фракция частиц.

В отсутствии сильного антропогенного влияния концентрации металлов во взвеси в межень в среднем выше, при паводках – ниже. В среднем концентрация металлов во взвеси при переходе от песчано-алевритовой к алеврито-пелитовой увеличивается для Fe на 18-20%, Mn – на 9-11%, Zn – на 22-24%, Cu – на 25-27%, Pb, Cd – на 38-40%.

Литература

Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. Изд. 2-е испр. и доп. – М.: Недра, 1998. – 367 с.