

РОЛЬ СОРБЦИОННО-ФИЛЬТРУЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ В ОЧИСТКЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА

Д.В. Ульрих, Г.О. Жбанков

Рассмотрены вопросы влияния поверхностных сточных вод на водные объекты. Изучены характеристики некоторых природных сорбентов для сорбционной очистки металлсодержащих поверхностных стоков.

Ключевые слова: тяжелые металлы, площадь водосбора, сорбция, природные сорбенты, осадочные опал-кристобалитовые породы.

По оценке специалистов Росгидромета, в настоящее время основная масса загрязняющих веществ поступает в поверхностные воды от рассредоточенных источников, транспорта и лесосплава. Для крупных городов с населением более 1 млн жителей поступление загрязняющих веществ с поверхностным стоком с их территорий составляет до 50 % общего загрязнения. Ежегодно в стране происходит более 30 тыс. прорывов нефте- и газопроводов. Это приводит к загрязнению огромных площадей водосбора и хроническому загрязнению водных объектов.

Источниками тяжелых металлов являются горно-перерабатывающая, машиностроительная, металлургическая, металлообрабатывающая и другие виды промышленности.

Сточные воды химических и других предприятий содержат значительное количество сложных органических веществ, ранее не существовавших в природе. Особенно распространены детергенты (СПАВ), они входят в состав моющих, чистящих средств, их применяют при производстве полимеров, пестицидов, обогащении руд. Они содержат в своем составе фосфор, азот – питательные вещества для растительных организмов. Поступление их в водные объекты приводит интенсивному росту фитопланктона, «цветению», истощению кислорода.

Основными глобальными функциями почв в отношении гидросферы являются трансформация поверхностных вод в грунтовые; участие в формировании биопродуктивности водоема посредством привнесения почвенных соединений; выполнение роли сорбционного барьера, защищающего акватории от загрязнения. Определение содержания органических экотоксикантов фиксирует состояние почвы.

Многие тяжелые металлы образуют с органическими веществами довольно стабильные комплексы. Эти комплексы входят в механизм миграции этих элементов в прудах. Почти все хелатные комплексы тяжелых металлов устойчивы в растворе. Также, комплексы почвенных кислот с солями разных металлов (молибден, медь, уран, алюминий, железо, титан, ванадий) имеют хорошую растворимость в нейтральной, слабощелочной и слабокислой среды. Это факт очень важен, потому что такие комплексы могут продвигаться в растворенном состоянии на большие расстояния. Самые подверженные водные ресурсы – это маломинерализованные и поверхностные водоёмы, где не происходит образование других таких комплексов. Для понимания факторов, которые регулируют уровень химического элемента в реках и озерах, их химическую реакционную способность, биологическую доступность и токсичность, необходимо знать не только валовое содержание, но и долю свободных и связанных форм металла.

В результате миграции тяжелых металлов в металлокомплексы в растворе могут произойти следующие последствия: во первых, увеличивается кумуляция ионов химического элемента за счёт перехода этих из донных отложений в природные растворы; во вторых, возникает возможность изменения мембранной проницаемости полученных комплексов в отличие от обычных ионов; также, токсичность элемента в комплексной форме может отличаться от обычной ионной формы.

Наиболее опасные загрязнители водоемов – растворенные в воде металлы – свинец, ртуть, кадмий и прочие.

Для решения проблем по защите водных объектов от стока с техногенных территорий, чаще всего применяют реагентные методы очистки: обработка известковым молоком; обработка гидросульфатом натрия (по сульфидной технологии) [1], цементация. Однако все эти методы имеют ряд

недостатков: низкая степень очистки, проблематичность переработки полученных осадков, для нейтрализации сероводорода (сульфидная технология) – сложное оборудование.

Одним из наиболее рациональных методов глубокой очистки поверхностного стока от ионов металлов может быть сорбционный метод. При этом сорбенты должны отвечать следующим требованиям: эффективно сорбировать металлы в кислой или слабокислой среде, характерной для стоков горных выработок, иметь хорошие фильтрационные характеристики и быть достаточно дешёвыми.

Сорбция – процесс обратимый, то есть адсорбированное вещество может переходить с сорбента обратно в раствор. В первые моменты сорбции, то есть при максимальной концентрации вещества в растворе, скорость сорбции также максимальна. По мере увеличения числа сорбированных молекул увеличивается и число молекул, переходящих обратно в раствор, начиная с момента, когда число сорбированных молекул становится равным количеству молекул, переходящих в раствор, концентрация раствора становится постоянной – или равновесной.

В настоящее время все большее внимание уделяется природным сорбентам, практически неограниченные запасы которых, их дешевизна, повсеместное нахождение, довольно высокие адсорбционные свойства делают экономически целесообразным использование их в процессах очистки воды.

Природные сорбенты – это горные породы и минералы, обладающие высокими адсорбционными и (или) ионнообменными свойствами. К ним относятся природные цеолиты, глины, диатомиты, опоки и другие. По характеру проявления сорбционных свойств и строению природные сорбенты делятся на 2 большие группы: кристаллические и аморфные. К кристаллическим сорбентам, прежде всего, относятся природные цеолиты – группа минералов, представляющих собой по составу водные алюмосиликаты щелочных и щелочноземельных металлов. Их кристаллическая решетка построена кремнекислородными тетраэдрами, объединенными вершинами в общий каркас, пронизанный полостями и каналами. В последних находятся молекулы воды и обменные катионы. Для цеолитов характерны высокая молекулярная адсорбция и катионный обмен. В настоящее время выделено более 30 минеральных видов природных цеолитов.

Для решения проблемы по очистке техногенно нагруженных поверхностных стоков достаточно эффективным методом может стать сорбционный метод с использованием сорбционно-фильтрующего устройства из дешевого сорбционного материала природного происхождения или сорбционно-фильтрующей площадки с горизонтальной или вертикальной подачей стока.

Для рекомендаций того или иного сорбента в качестве сорбционно-фильтрующего материала необходимо знать сорбционные характеристики сорбента, в частности: оптимальную величину рН сорбции металлов; сорбционную емкость сорбента в статических и динамических условиях; оптимальный фракционный состав сорбента; его фильтрационные свойства; возможности регенерации сорбента.

В настоящее время в качестве сорбентов природного происхождения нашли цеолиты, опоки и такие сорбенты как глауконит. Цеолиты обладают наибольшей адсорбционной способностью, так как относятся к микропористым адсорбентам (размеры пор 0,3–0,6 нм). В свою очередь, микропористость зависит от структуры и геометрии кристаллической решетки цеолита. Наибольший объем микропор составляет более 40 %. Клиноптилолит [2] характеризуется несколько меньшим их объемом – 30–40 %, а катионообменная способность его может достигать 80–90 мг-экв/100 г.

К группе аморфных природных сорбентов относятся силикатные сорбенты опалового типа, представляющие собой осадочные опал-кристобалитовые породы. Одним из самых распространенных видов их являются опоки – микропористые породы, сложенные аморфным кремнеземом (опалом) с примесью глинистого вещества, скелетных частей организмов, минеральных зерен (кварца, полевых шпатов, глауконита). Содержание SiO_2 составляет 92–98 %. В опоках месторождений Свердловской области содержится 71,9–89 % SiO_2 . Сорбционная способность опок обусловлена преобладающим присутствием аморфного кремнезема с гидратированной поверхностью. Для этого типа сорбентов характерна, в основном, поверхностная сорбция. Однако благодаря значительной удельной поверхности (50–63 м²/г для фракций 2–6 мм) сорбционная емкость опоки может быть значительной, сопоставимой с таковой у активированных углей. Сорбционная емкость опоки по истинно растворенным компонентам может достигать 0,1–0,5 мг-экв/г сорбента. Также слой сорбента может поглощать коллоиды и взвеси до величины 0,1–1,7 г/г сорбента.

В настоящее время природные сорбенты – цеолиты и опоки – находят широкое применение во многих отраслях хозяйственного комплекса, а также в области охраны окружающей среды [3]. Использование их для очистки поверхностного стока с техногенных территорий обусловлено следующим: они обладают химической стойкостью и механической прочностью, удовлетворяют требованиям, предъявляемым к фильтрующим материалам; значительной пористостью; высокой грязеемкостью, обеспечивая очистку не только от взвешенных частиц, но и от коллоидных веществ минерального и органического происхождения; высокой емкостью по отношению к аммонийному азоту и ряду ионов тяжелых металлов, таких как свинец, цинк, медь; не требуют дополнительной обработки и имеют низкую стоимость (20–30 раз) в отличие от искусственных сорбентов.

Библиографический список

1. Павличенко Г.А., Рогов Б.М., Пирмагомедов Д.А. Возможности геотехнологий в переработке медьсодержащих окисленных руд // Цветные металлы. – 1992. №4 – С. 17-20.
2. Reid-Soukup D. A., Ulery A. L. Smectites. In: Dixon J. B., Schulze D. G. (Ed.) Soil Mineralogy with Enviromental Application. Madison, Wicconsin, USA, 2002, p. 467—499.
3. Цицишвили Г.В. Адсорбционные, хроматографические и спектральные свойства высококремнеземных молекулярных сит. – Тбилиси: Мецниереба, 1979. – 46 с.