

УДК 628.35; 027.236

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ В ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМАХ

А.И. Семячков, В.А. Почечун, О.А. Медведев

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург;

Уральский филиал ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам ГО и ЧС МЧС России», г. Екатеринбург

Рецензент д-р техн. наук Л.Б. Хорошавин

Ключевые слова и фразы: биогеохимический барьер; защита водных объектов; поверхностные воды; экологическая эффективность; экономическая эффективность.

Аннотация: Рассмотрена возможность использования различных видов биогеохимических барьеров для улучшения качества водных объектов. Проведено моделирование биогеохимических барьеров в лабораторных и натуральных условиях.

Введение

На формирование качества поверхностных вод оказывает влияние хозяйственная деятельность через сброс сточных вод, зачастую неочищенных или недостаточно очищенных, и рассеянного поступления потока ингредиентов с измененного и загрязненного водосборов [3].

Одна из основных задач в вопросе улучшения состояния водных объектов – снижение поступления в них загрязняющих веществ настолько, чтобы состояние экосистемы и качество воды соответствовали нормативным требованиям. В барьерных системах действует совокупность процессов: физических, физико-химических, химических, биологических (на уровне растительности, микрофлоры, простейших и других звеньев биоты). Что представляет из себя такой барьер фактически? Это водная экосистема, перехватывающая поток загрязнения на пути к водотоку или во-

Семячков Александр Иванович – доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой геоэкологии, ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург; Почечун Виктория Александровна – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геоэкологии, e-mail: ViktoriyaPochechun@mail.ru, ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург; Медведев Олег Анатольевич – начальник Уральского филиала ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам ГО и ЧС МЧС России», г. Екатеринбург.

доему. Организовано это может быть различными способами: в виде ботанической площадки, берегового биоплато, плавающего биоплато, заболоченной территории (ветлэнда), предводохранилища [1].

На рисунке 1 приведена схема ботанической площадки. На рисунке 2 представлена схема биогеохимического барьера, предназначенного для задержки загрязнения, поступающего из различных источников – локализованных или рассеянных. Такие ботанические площадки представляют собой искусственные водоемы, сооружаемые на загрязняемом водотоке.

В отличие от сооружения, показанного на рис. 1, на рис. 2 представлена схема ботплощадки с «банкетами», позволяющими увеличить разнообразие гидробионтов, участвующих в задержании и трансформации загрязнений. Подобные системы эффективны при задержании различных видов загрязнения: органических веществ, нефтепродуктов, синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), минеральных соединений. Эффективны они и при задержке бактериального загрязнения.

На рисунке 3 представлен один из видов биогеохимического барьера – окислительный канал, используемый для очистки и доочистки сточных вод, поступающих через локализованные выпуски, либо загрязненного поверхностного стока в том случае, если его можно локализовать. Он используется при не очень больших расходах загрязненного стока и при отсутствии возможности использовать упомянутые выше сооружения.

Скорость воды в канале достаточно высока, происходит турбулизация потока и насыщение его кислородом. Высаженная в канале растительность (как погруженная, так и водно-воздушная) играет роль не только поглотителя, но и субстанции для микроорганизмов, утилизирующих загрязняющие ингредиенты.

Наиболее простыми и эффективными биогеохимическими барьерами являются ветлэнды – заболоченные участки земли со всеми присущими им процессами. Подобные образования используются человечеством «по интуиции» достаточно давно и часто. Схематически подобная система представлена на рис. 4.

Эффективность подобных образований достаточно велика и неоченима. Так, до тех пор пока сток с территории водосбора в озеро Балатон поступал через окружающие его заболоченные участки суши, оно оставалось в мезотрофном состоянии, практически не «цветело». Как только началось осушение болот, с озером возникли экосистемные проблемы, которые выразились в явлении «цветения», причем весьма интенсивного, никогда не наблюдаемого на этом водном объекте.

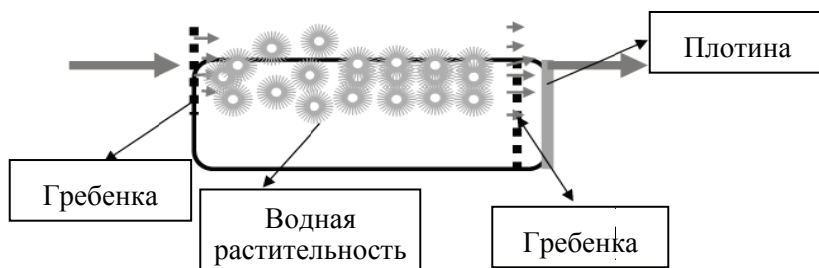


Рис. 1. Схема ботанической площадки [2]

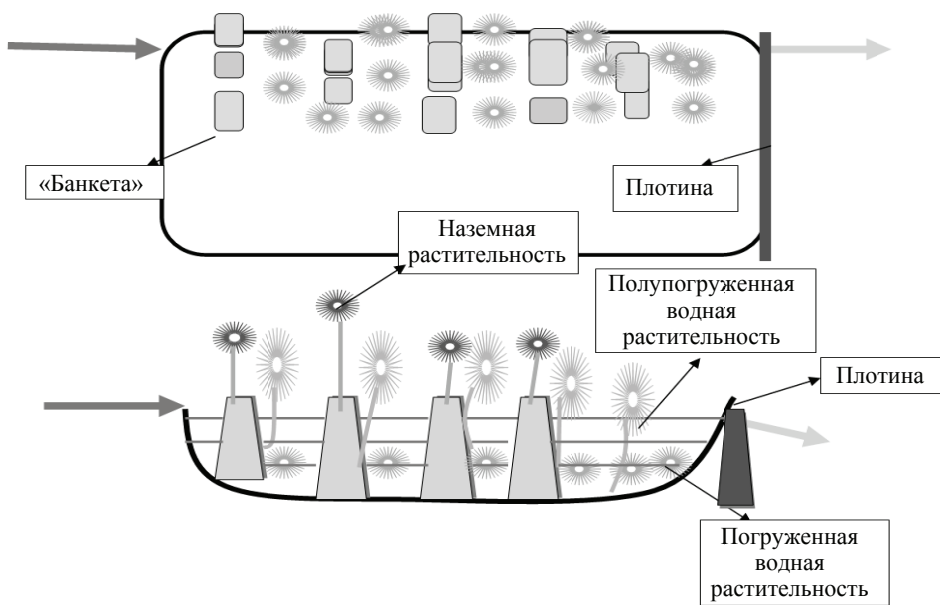


Рис. 2. Ботплощадка с «банкетами»

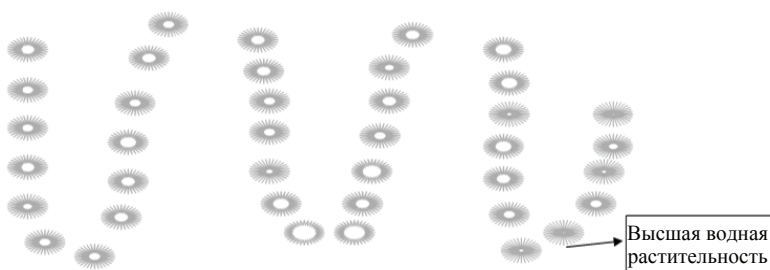


Рис. 3. Окислительный канал

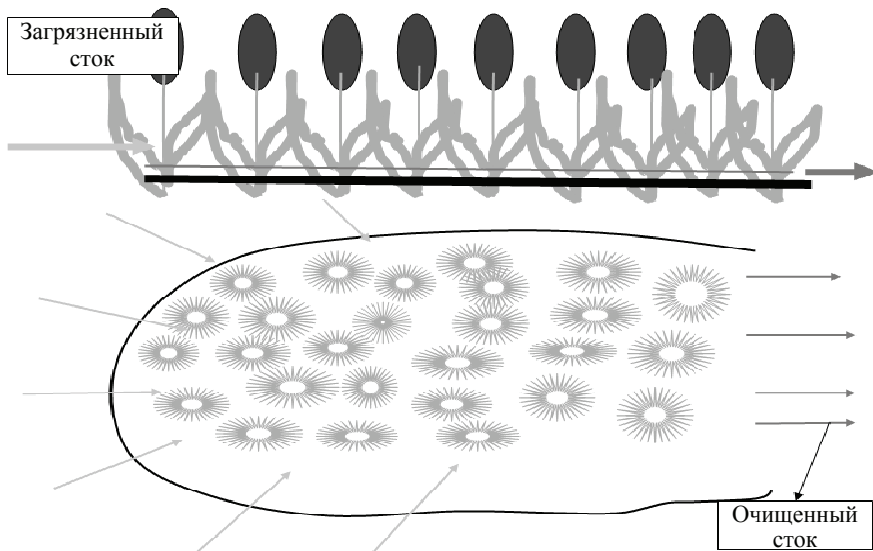


Рис. 4. Ветлэнд (заболоченный участок суши)

На водотоках и водоемах могут применяться биогеохимические барьеры и более сложных конструкций – «биомодули». Это плавающая конструкция, несущая на себе модули с растениями, подобранными определенным образом. Помимо этого на них могут располагаться носители субстанции для закрепления микрофлоры и других звеньев биоты. В ряд систем пытались вводить и рыб, то есть моделировать практически полноценную речную или озерную экосистему.

Результаты исследования экологической эффективности биогеохимических барьеров

Лабораторное моделирование биогеохимических барьеров для защиты водных объектов. Изучение самоочищения проводили поэтапно в различных системах: 1) без донных отложений и без растительности; 2) без донных отложений с растительностью; 3) без донных отложений с остатками высшей водной растительности. Исследования проводились в лабораторных и натуральных условиях. На рисунке 5 представлены результаты лабораторного моделирования процесса самоочищения.

В целом получен результат, позволяющий утверждать, что возможно использование процессов самоочищения для регулирования качества воды

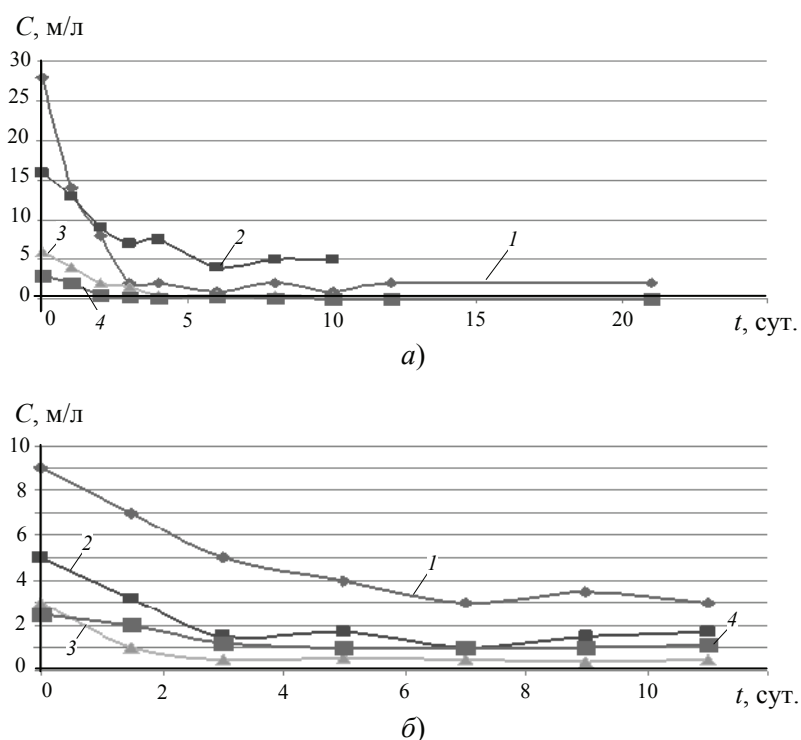


Рис. 5. Изменение концентрации ионов мышьяка в растворе (а) и ионов железа в воде (б) во времени при отсутствии донных отложений:
a – ряд 1 – рН = 7; ряд 2 – рН = 6; ряд 3 – рН = 9, *t* = 20 °С; ряд 4 – рН = 7, *t* = 3 °С;
б – ряд 1 – рН = 7, *t* = 20 °С; ряд 2 – рН = 7, *t* = 3 °С; ряд 3 – рН = 6; ряд 4 – рН = 3,9, *t* = 20 °С

по содержанию ингредиентов, представляющих наибольшую опасность для его экосистемы.

Эффективность очистки от загрязняющих компонентов. Эффективность биогеохимических барьеров по защите водных объектов показана на основе исследований системы, сложившейся на одном из водных объектов Урала (Свердловской области) под влиянием длительного и интенсивного антропогенного воздействия.

Для защиты водных объектов предполагалось отделить его дамбой и создать биогеохимический барьер. В заливе сформировались условия, способствующие самоочищению его вод от сульфат-ионов.

Сравнение данных, представленных на рис. 6, показывает, что отмеченная самоочищающая способность Железянского залива от сульфатов гарантированно позволяет снижать концентрацию ингредиента до ПДК общесанитарного 300 мг/л от значительных исходных величин. В 60 % случаев достигается концентрация ингредиента, равная или ниже ПДК рыбохозяйственного 100 мг/л.

Отделение Железянского залива от Южного дамбой, позволяющей стабилизировать уровень и увеличить время пребывания воды в Железянском заливе, приводит к расширению площади зарастания, повышению роли растительности в кругообороте веществ, снижению выноса в Северское водохранилище ингредиентов в коллоидном и нерастворенном состояниях, и как следствие, к повышению самоочищающей способности.

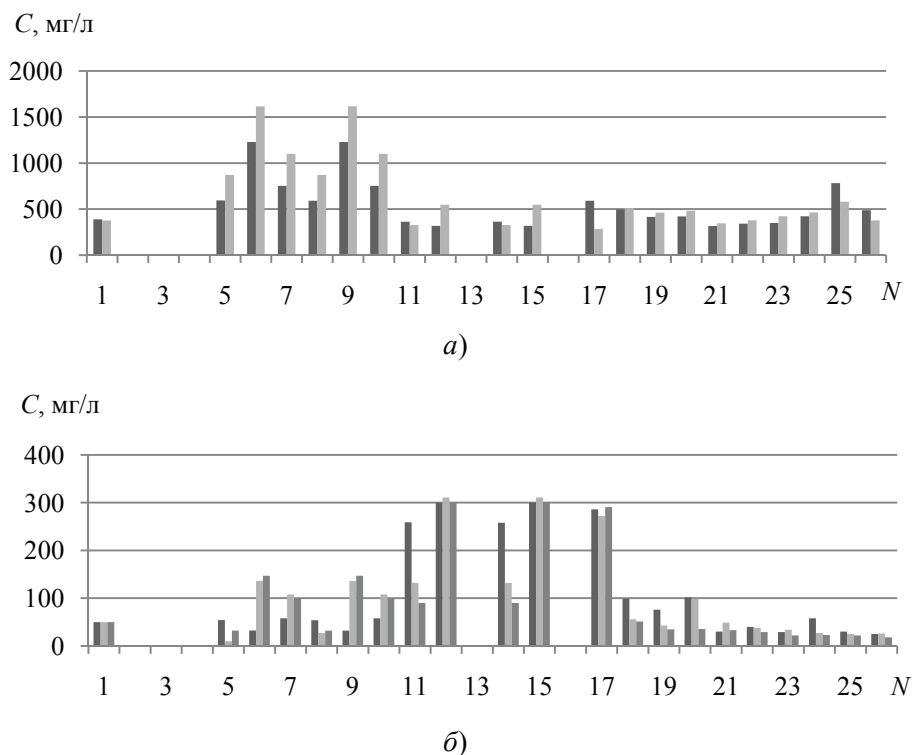


Рис. 6 Концентрация сульфатов в створах 8, 9 (а) и в створах 5, 6, 7 (б)

Обоснование экономической эффективности строительства биогеохимических барьеров

Определение размера ущерба от загрязнения водных объектов

$$Y = K_{в.о} \sum_{i=1}^n H_i P_i,$$

где Y – суммарный ущерб от загрязнения водных объектов от сброса со сточными водами загрязняющих веществ с концентрациями, превышающими ПДК водоприемника; $K_{в.о}$ – коэффициент, учитывающий категорию водного объекта; H_i – удельный показатель затрат для определения ущерба от сброса i -го загрязняющего вещества, тыс. руб./т; P_i – масса i -го загрязняющего вещества, сброшенного в водный объект, т; i – загрязняющее вещество; n – количество загрязняющих веществ, по которым исчисляется ущерб.

Определение размера предотвращенного ущерба

$$Y_{пр} = Y - Y_{ост},$$

где $Y_{пр}$ – предотвращенный ущерб; $Y_{ост}$ – остаточный ущерб.

Предотвращенный ущерб рассчитан для предприятия ОАО «Уралгидромедь», где могут быть внедрены биогеохимические барьеры для очистки Северского водохранилища. На строительство данных сооружений предполагается затратить 5 млн руб.

На основании концентраций загрязняющих веществ в створах рассчитаны суммарный и остаточный ущербы, которые составляют:

$$Y = 108,62 \text{ млн руб.};$$

$$Y_{ост} = 13,51 \text{ млн руб.}$$

Предотвращенный ущерб составит

$$Y_{пр} = 108,62 - 13,51 = 95,11 \text{ млн руб.}$$

Таким образом, предотвращенный ущерб от строительства биогеохимических барьеров при укрупненных расчетах на их строительство в 5 млн руб., составляет 95,11 млн руб., что указывает на высокую экологическую и экономическую эффективность от их использования.

Заключение

Предложенные технологии защиты водных объектов с помощью биогеохимических барьеров являются инновационными, что связано с их высокой экологической и экономической эффективностью, низкой стоимостью и возможностью применения в любых природно-техногенных условиях.

Список литературы

1. Попов, А.Н. Инновационные технологии защиты водных объектов в горнопромышленных районах : науч. издание / А.Н. Попов, В.А. Почечун, А.И. Семячков ; под ред. А.И. Семячкова. – Екатеринбург : Ин-т экономики УрО РАН, 2009. – 128 с.

2. Почечун, В.А. Системный подход в изучении природно-техногенной системы горнопромышленного комплекса Среднего Урала / В.А. Почечун // *Вопр. соврем. науки и практики*. Ун-т им. В.И. Вернадского. – 2013. – № 1(45). – С. 10–17.

3. Семячков, А.И. Методология оценки техногенной трансформации окружающей среды горно-металлургических комплексов / А.И. Семячков. – Екатеринбург : Изд-во ин-та экономики УрО РАН, 2007. – 347 с.

Eco-Economic Reasoning for Biogeochemical Barriers in Natural Industrial Systems

A.I. Semyachkov, V.A. Pochechun, O.A. Medvedev

*Ural State Mining University, Yekaterinburg;
Ural Affiliate of All-Russian Research Institute for Civil Defense
and Emergency of Ministry of Emergency Situations of Russia,
Yekaterinburg*

Key words and phrases: biogeochemical barrier; cost-effectiveness; environmental efficiency; protection of water bodies; surface water.

Abstract: The paper considers the possibility of using different types of biogeochemical barriers to improve the quality of water bodies. Biogeochemical barrier is water ecosystem, intercepting the pollution flow on the way to a watercourse or water body. The paper describes modeling of biogeochemical barriers in laboratory and field conditions. The produced results indicate the high environmentally efficiency of biogeochemical barriers; the economic calculation shows their high economic efficiency.

© А.И. Семячков, В.А. Почечун, О.А. Медведев, 2013