

**УДК 639.2:532.6**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ В ШАХТНОЙ ВОДЕ**

*Калиновский П.С., Подопригора В.Н.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: 060394178@mail.ru*

Установлено, что вытяжка гумусовых кислот, полученная из биогумуса высокого качества, обладает ионообменной активностью и высокой сорбционной способностью. Добавление уже небольших количеств вытяжки приводит к падению содержания растворённых веществ. Добавляя вытяжку гуминовых веществ в шахтную воду, удалось создать примитивную водную экосистема близкую по свойствам к морской и пригодную для жизни средиземноморского краба.

**Ключевые слова:** водная экосистем, гуминовые вещества, шахтные воды, средиземноморский краб.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Проблема очистки шахтных вод важна как в теоретическом, так и в прикладном плане. С одной стороны, её практическую актуальность трудно переоценить в силу как распространённости шахт и *шахтных прудов-накопителей* у нас в стране, так и многоаспектности их отрицательного влияния на био- и техносферу. С теоретической же точки зрения, важность этой проблемы обусловлена комплексным характером загрязнения с одной стороны, и необходимостью поиска путей и методов необходимо включающих биологическую составляющую для минимизации сопутствующего ущерба окружающей среде в ходе такой очистки – с другой.

Многие исследователи и практики последнее время обращают усиленное внимание на возможность использования в хозяйственном обороте такого водного ресурса, как шахтные воды. Такой подход способствует решению двух проблем: преодоление дефицита водных ресурсов в маловодных регионах, которым является в частности Донбасс, и снижение техногенной нагрузки на природную водную среду из-за уменьшения сброса загрязнённых шахтных вод. По данным А.Н. Алипова с соавторами [1], только в Донецкой области объем откачки шахтных вод на земную поверхность составляет свыше 860 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Широкому использованию шахтных вод в хозяйстве препятствует их загрязненность на действующих шахтах взвешенными, коллоидными, молекулярными (преимущественно органическими), ионными (растворенные соли) и бактериальными примесями. Удаление взвешенных и бактериальных примесей решается довольно простыми методами, а изъятие из воды растворенных (молекулярных и ионных) примесей требует ввиду их высокой дисперсности применения дорогостоящих технологий. Особо трудной проблемой на настоящем

этапе является деминерализация шахтных вод (удаление растворенных солей) [2]. Подобные дорогостоящие проекты разрабатываются с одной целью – обеспечить дополнительными источниками водоснабжения население, промышленность и сельское хозяйство. Но полученная в результате реализации подобных проектов очищенная шахтная вода будет иметь высокую себестоимость, что снижает её привлекательность для потребителя. Мы предлагаем рассмотреть шахтные воды как ресурс для создания ведения технических аквакультур.

Как первый этап реализации этой идеи нами был предложен двухступенчатый метод, суть которого сводится к тому, что на первой ступени производится относительно быстрая частичная нормализация состава воды при помощи реагента первичного воздействия, что создаёт предпосылки для реализации следующей ступени – создания на основе водоёма самоподдерживающейся экосистемы, включающей биофильтраты растительного и животного происхождения. Эти организмы будут решать задачу поддержания состава воды в пределах необходимых границ по интересующим показателям. Вместе с тем такой биоценоз будет обладать определённой продуктивностью, что позволяет рассчитывать на его хозяйственную ценность.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для эксперимента по оценке эффективности методики изменения состава шахтной воды была использована вода пруда-накопителя ШУ «Покровская».

В качестве многоцелевого реагента первичного воздействия была применена вытяжка гумусовых кислот, полученная из биогумуса высокого качества: обладая ионообменной активностью и высокой сорбционной способностью [3], они эффективно осаждают широкий спектр загрязнителей, в тоже время их относительно низкая подвижность и реакционная способность, позволяют как минимизировать общее загрязняющее действие, так и практически исключить эвтрофикацию водоёма. При этом они служат питательной средой стимулирующей развитие водорослей, что создаёт предпосылки для второго этапа очистки. Содержание гуминовых кислот в вытяжке достигало 40г/л. Содержание калия в вытяжке колебалось в пределах 0,1-0,15 М, рН находился в пределах 6,5-7,5.

Наиболее простой способ оценки влияния вытяжки на интегральный состав воды – учёт остатка растворённых солей. С этой целью экспериментальный раствор подвергали предварительному центрифугированию при 3000 об/мин на центрифуге ОПн-ЗУХЛ4,2 в течение 15 мин для отделения осадка, образованного кислотами вытяжки при взаимодействии с веществами, растворёнными в шахтной воде.

Растворённый остаток подвергался выпариванию с последующим гравиметрическим анализом. Для анализа зависимости снижения количества растворённых солей от концентрации вытяжки были выбраны концентрации 2,5%, 10% 15% и 25% масс.

Для создания моделей водных экосистем использовались три аквариума (16x36,5x21,5 ). Каждый аквариум был оснащен фальшдном на которое были насыпаны керамические гранулы слоем 10 см. Все аквариумы были плотно закрыты

покровными стеклами, что зачищало их от попадания пыли и не давало испаряться воде. В аквариуме №1 была залита шахтная вода, в аквариум №2 была залита шахтная вода с добавлением вытяжки (2,5%), аквариум №3 содержал шахтную воду с добавлением вытяжки (2,5%) и освещался лампой накаливания мощностью 100 ватт. Во всех аквариумах вода извлекалась с помощью помпы фирмы Atman мощностью 360 л/ч из под фальшдна и через дождевальную установку возвращалась опять в аквариум. Рабочий объем каждого аквариума составлял 6 литров.

В качестве тестовых гидробионтов были использованы средиземноморские крабы *Carcinus mediterraneus Czerniavsky, 1884*. Этот краб обитает в Средиземном и Черном морях. Окраска варьирует, обычно слегка зеленоватая. Является самым обычным и массовым прибрежным крабом. Встречается часто в лагунах, заливах, соленых лиманах, среди zostеры до глубины 70 м. Обычен среди камней, реже на песке и гравии. Часто панцирь обрастает моллюсками, балянусами и гидроидами [4]. В каждый аквариум было посажено по одному экземпляру. Эксперимент продолжался тридцать дней.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как видно из таблицы (см. Табл. 1) добавление уже небольших количеств вытяжки приводит к падению содержания растворённых веществ на 8,5-9%, при дальнейшем повышении концентрации разность достигает статистически достоверных величин.

**Таблица 1**  
**Влияние вытяжки на содержание растворённых веществ в шахтной воде (n=4)**

Концентрация вытяжки (масс%)	0	2,5	10	15	25
Растворённые вещества (г/л)	31,8±6,5	29,1±1,9	25,5±2,4*	22,5±2,6*	19,7±3,1**

Примечание: \* - достоверность различий с контролем при  $p < 0,05$ ; \*\* - при  $p < 0,01$

Наглядно результаты таблицы представлены на рисунке 1. На котором видно, что количество растворенных в шахтной воде веществ (сухого осадка) обратно пропорционально зависит от количества вытяжки. Используя формулу, по которой на рисунке 1 построена линия тренда, мы с высокой точностью можем вычислять количество растворенных веществ в шахтной воде при добавлении разных концентраций вытяжки гуминовых кислот, что подтверждает близкая к единице величина достоверности аппроксимации  $R^2$  ( $R^2_1=0,96$ ). Это, позволяет с утверждать, что вытяжка гуминовых кислот в определенных концентрациях меняет количественный состав микро- и макроэлементов в шахтной воде.

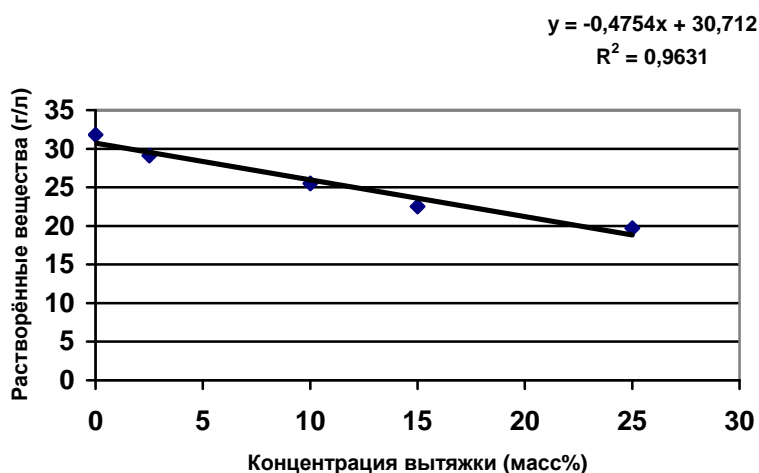


Рис. 1. Зависимость количества растворенных веществ в шахтных водах от концентрации в них вытяжки гуминовых кислот.

В ходе экспериментов в ёмкости со стоячей водой было установлено, что основная масса вытяжки в ходе взаимодействия с шахтной водой оседает, образуя интенсивно окрашенный придонный слой. В дальнейшем небольшая её часть может выноситься к поверхности за счёт конвективных течений. Это отличие распределения от известного для широко применяемых коммерческих препаратов гуминовых кислот и гуматов, по всей вероятности обусловлено различием в источниках получения гумусовых веществ: если в известных авторам коммерческих препаратах в качестве исходного сырья используется вытяжка из бурых углей и леонардита, для которых характерно преобладание гумусовых веществ со средней массой 4-15 (до 22 в отдельных случаях) кДа, то для эксперимента описанного в данной статье в качестве основы использовался высокопродуктивный биогумус, для которого характерны гумусовые вещества массой 100-200 кДа с более высоким (в пределах 4-5% масс) содержанием азота [5]. Это обуславливает Во-1 их большее сродство к гидрофобным загрязнителям, во-2 более высокую ценность в качестве источника макроэлементов для фитобиоты и в-3 в отсутствие интенсивного перемешивания – относительно большую прозрачность поверхностных слоёв воды, что необходимо для запуска второй стадии очистки – размножения водорослей.

Основывая на выше описанных данных, нами в трех аквариумах были созданы модели водных экосистем. В каждый из которого было помещено по одному самцу средиземноморского краба. В аквариуме с чистой шахтной водой (аквариум №1) на сорок пятой минуте потерял координацию движения. В конце второго часа погиб. В двух других аквариумах крабы себя прекрасно чувствовали: нормально питались, у них проявлялось нормальное поисковое и защитное поведение. На четырнадцатый – пятнадцатый день в аквариуме №3 с искусственным освещением начал появляться зеленый налет с редкими вкраплениями бурых пятен на керамике и панцире краба.

На тридцатый день этим налетом были покрыты все поверхности аквариума. После окончания эксперимента оба краба себя прекрасно чувствуют и продолжают жить в этих экспериментальных аквариумах.

Полученные результаты закономерно подтверждают наши предположения, основанные на теоретических и полученных экспериментальных данных. Относительно небольшого количества вытяжки (2,5% раствор вытяжки гуминовых кислот в шахтной воде) было достаточно, чтобы изменить соотношение микро- и макроэлементов в шахтной воде. Как следствие эта водная экосистема стала пригодной для жизни крабов.

Мы можем с уверенностью говорить о сбалансированных водных экосистемах в оставшихся двух аквариумах, о чем свидетельствуют следующие признаки:

- Хорошее самочувствие гидробионтов (средиземноморские крабы).
- Высокая прозрачность воды, которая не менялась в течение эксперимента.
- Появление зеленого налета на поверхности керамики в освещенном аквариуме (что говорит об активной жизнедеятельности различных микроорганизмов, попавших в данную экосистему на панцирях крабов).
- Запах воды в аквариумах был сравним с запахом воды прибрежной зоны Черного моря. В тоже время запах необработанной шахтной воды напоминает запах раствора соды.

Таким образом, можно говорить о том, что в аквариумах № 1 и № 2 установились примитивные водные экосистемы, близкие по свойствам к морским.

### **ВЫВОДЫ**

1. Получено подтверждение, что вытяжка гумусовых кислот, полученная из биогумуса высокого качества, обладает ионообменной активностью и высокой сорбционной способностью.
2. Добавление уже небольших количеств вытяжки гумусовых кислот приводит к падению содержания растворённых веществ. Разница становится статистически достоверной при переходе от 2,5% к 10% концентрации.
3. 2,5% концентрация вытяжки гуминовых кислот в шахтной воде достаточна для того, чтобы непригодная для жизни крабов вода стала пригодной. При этом в экспериментальных аквариумах установилась примитивная водная экосистема, близкая по свойствам к морской.

### **Список литературы**

1. Алипов А.Н. Водообеспечение населения, промышленности и сельского хозяйства Донбасса. Вовлечение собственных ресурсов / А.Н. Алипов, Д.Д. Мягкий, Э.В. Янковская // Вода і водочисні технології. – 2007. – №4. – С. 17–22.
2. Омельчинко Н.П. Перспективы вовлечения шахтных вод Донбасса в хозяйственный водооборот / Н.П. Омельчинко, В.Р. Пудвиль, Л.И. Коваленко // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Серія: Технологія, організація, механізація та геодезичне забезпечення будівництва, 2010 – Т. 83, № 3 – С. 241– 246.
3. Мальцева Е.В. Особенности Адсорбционного взаимодействия гуминовых кислот с биоцидами / Е.В. Мальцева, А.А. Иванов, Н.В. Юдина // Журнал физической химии, 2009. – Т.83, № 11 – С. 2175–2179

4. Определитель фауны Чёрного и Азовского морей в трёх томах. Свободноживущие беспозвоночные. Ракообразные. Т. 2. – Отв. ред. В. А. Водяницкий. – Киев, Наукова думка. – 1969. – 536 с.
5. Перминова И.В. Анализ, классификация и прогноз свойств гумусовых кислот : дисс... док. хим. наук. / Перминова И.В. – Москва, МГУ. – 2000. – 359 с.

**Калиновський П.С. Використання гумінових речовин для створення водної екосистеми в шахтній воді / П.С. Калиновський, В.М. Подопрігора // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 72-77.**

Встановлено, що витяжка гумусових кислот, отримана з біогумусу високої якості, володіє іонообмінною активністю і високою сорбційною здатністю. Додавання вже невеликих кількостей витяжки призводить до падіння вмісту розчинених речовин. Додаючи витяжку гумінових речовин в шахтну воду, вдалося створити примітивну водну екосистему, близьку за властивостями до морської та придатну для життя середземноморського краба.

**Ключові слова:** водна екосистема, гумінові речовини, шахтні води, середземноморський краб.

**Kalinovsky P.S. Using of humin substances for creating a water ecosystem in mine water / P.S. Kalinovsky, V.N. Podoprighora // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 72-77.**

Humin acid extract obtained from biohumus of high quality was shown to have ion-exchange activity and high sorption characteristics. Adding the extract to mine water, we created a primitive water ecosystem close to a marine one and suitable for crab *Carcinus aestuarii*.

**Keywords:** water ecosystem, humin substances, mine water, *Carcinus aestuarii*.

*Поступила в редакцію 02.12.2012 г.*