УДК 628.543.35

И.В. Владимцева
д-р биол. наук
ВолгГТУ[1]
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности
профессор
alexvlad32@yandex.ru

Н.В. Герман
канд. биол. наук
ВолгГТУ[1]
кафедра экологии и природопользования
старший преподаватель
nadya-grman@rambler.ru

И.В. Соколова
канд. биол. наук
ВолгГТУ[1]
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности
доцент
pebg@vstu.ru

О.В. Колотова
канд. техн. наук
ВолгГТУ[1]
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности
доцент
pebg@vstu.ru

Д.А. Сиденко
ВолгГТУ[1]
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности
магистрант
seabird01495@mail.ru

Перспективы применения природных минеральных ресурсов для биологической очистки сточных вод

[1]Волгоградский государственный технический университет. Россия, 400005, Волгоград, пр. им. Ленина, 28

Проведено изучение возможности использования природных минеральных ресурсов – солевой рапы озера Эльтон и бишофита для повышения ростовых свойств бактериального штамма – деструктора загрязнений промышленных сточных вод. Выявлено повышение на 213% накопления биомассы микроорганизмов при добавлении в синтетическую питательную среду 2,5% солевой рапы. Регрессионный анализ полученных экспериментальных данных показал их высокую достоверность и воспроизводимость. Расчет эколого-экономического эффекта использования рапы свидетельствовал об экономической целесообразности и экологической ценности полученных результатов

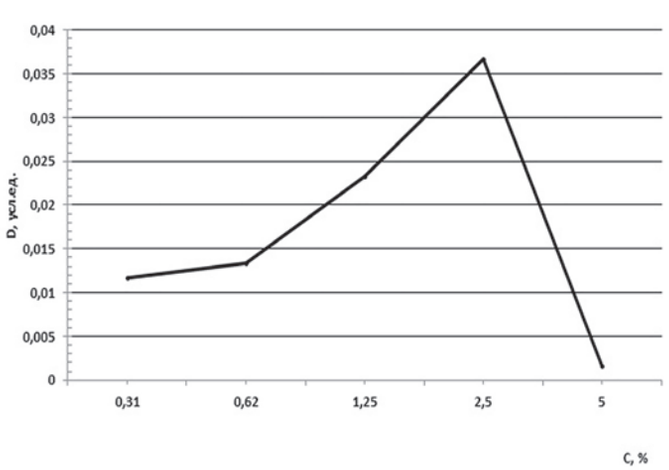
Ключевые слова: природные минеральные ресурсы; бишофит; рапа; биологическая очистка сточных вод; микроорганизмы – деструкторы загрязнений; источники питания микроорганизмов

Важным фактором экономического роста России является существенное повышение эффективности использования минерально-сырьевой базы. Научное обоснование и разработка технологий рационального освоения минерального сырья позволит решить многие социально-экономические проблемы регионов [1, 3].

Открытие залежей бишофита в Нижнем Поволжье (объем запасов около 500 млрд т) стало уникальным событием для региона. Волгоградский природный бишофит представляет собой спрессованный под высоким давлением вышележащих слоев камень. По химико-минеральному составу – это комплекс солей (до 95–98% $MgCl_2$) и микроэлементов. Рапа озера Эльтон (Волгоградская область) относится к бромным крепким рассолам хлоридного и магниево-натриевого состава. В рапе преобладают галит, бишофит, кизерит, карналлит и другие соли. Оба природных минеральных ресурса нашли применение в различных отраслях промышленности и медицины Волжского региона, однако до сих пор их использование ограничено.

Загрязнение гидросферы является одной из острых проблем человечества. Интенсивное использование запасов пресной воды в промышленных и бытовых целях диктует необходимость разработки новых, более эффективных, методов ее защиты. Очистка сточных вод различного происхождения осуществляется, в основном, на сооружениях биологической очистки. Главенствующая роль в этом процессе принадлежит микроорганизмам, повышение физиологической активности которых путем введения минеральных компонентов в очищаемую воду может значительно повысить скорость и эффективность процесса очистки [4]. Солевая рапа озера Эльтон и бишофит, благодаря богатому компонентному составу, перспективны для применения в качестве стимуляторов роста микроорганизмов, осуществляющих очистку промышленных и бытовых сточных вод.

Рис. 1.
Зависимость оптической плотности суспензии бактерий штамма- деструктора от концентрации солевой рапы озера Эльтон



Цель данной работы – изучение возможности использования природных минеральных ресурсов (бишофита и солевой рапы) для интенсификации ростовых свойств бактериальных деструкторов органических загрязнений сточных вод.

В качестве микробиологической модели использовался бактериальный штамм *Bacillus subtilis ВГТУ5*, который осветляет сточную воду кожевенного предприятия, снижает *pH* до нейтральной величины и может применяться для аэробной биологической очистки сточных вод. Штамм депонирован в Государственной коллекции «ГКПМ-Оболенск» (свидетельство № 96 от 11.11.2015, штамм № В-7837).

Для исследования влияния природных минеральных соединений на бактериальный штамм *Bacillus subtilis ВГТУ5* были приготовлены синтетические питательные среды, в которые добавляли основные биогенные элементы питания: глюкозу (4%) и нитрат аммония (1%). В приготовленную среду в качестве источников минерального питания вводили солевую рапу озера Эльтон или бишофит. Для подбора оптимальной концентрации минеральных компонентов в пробирках с 3 мл питательной среды, содержащей источники биогенных элементов, двукратно разводили растворы этих добавок, засевали в полученные питательные среды микроорганизмы и выращивали при 37 °С в течение 22 ч. Контрольным образцом служила среда с бактериями без минеральных компонентов. Интенсивность роста и накопления биомассы микроорганизмов оценивали фотометрическим методом, регистрируя оптическую плотность бактериальных суспензий на приборе КФК-2-УХЛ-4.2 при длине волны 670 нм в кюветах 5,065 мм. В качестве растворов сравнения применяли стерильную питательную среду, не засеянную микроорганизмами. Эксперименты проводили в 3 параллельных опытах по 5 измерений для каждого компонента. Средние значения уровней накопления биомассы представлены на ***рис. 1*** и ***2***.

Данные, представленные на ***рис. 1*** и ***2***, свидетельствуют, что добавление различных концентраций природных минеральных компонентов изменяет оптическую плотность суспензии бактерий, а значит, и уровень накопления их биомассы в жидкой питательной среде. Максимальное значение оптической плотности бакте-

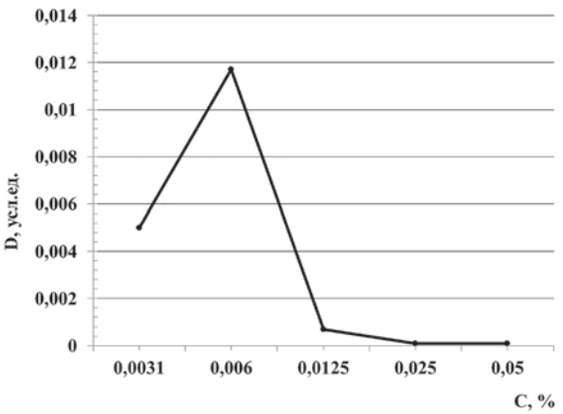


Рис. 2.
Зависимость оптической плотности суспензии бактерий штамма-деструктора от концентрации бишофита

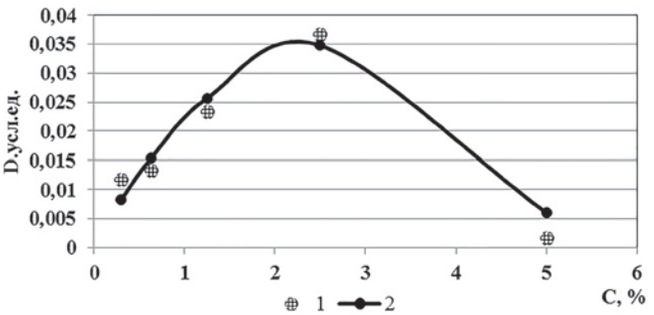


Рис. 3.
Зависимость оптической плотности суспензии клеток от концентрации солевой рапы озера Эльтон (1 – экспериментальные значения; 2 – теоретический график)

риальной суспензии наблюдали в питательной среде с 2,5% солевой рапы озера Эльтон. Это значение превышало контрольный образец на 213%.

Наибольшее значение оптической плотности суспензии при культивировании бактерий в питательной среде с бишофитом наблюдали при очень низких концентрациях этого минерала (0,006%). Однако и в этом случае оно было ниже контрольного образца, что свидетельствует о подавляющем действии на данные микроорганизмы компонентов, входящих в состав бишофита (хлорида магния).

Для проверки достоверности и воспроизводимости полученных экспериментальных данных было проведено их математическое моделирование с использованием метода регрессионного анализа [2]. Найденные экспериментальные зависимости оптической плотности суспензии бактерий от концентрации минеральных добавок были описаны в виде уравнений регрессии. Рассчитали коэффициенты в уравнениях данных зависимостей, коэффициенты корреляции, нелинеаризованные относительные ошибки по методу наименьших квадратов (МНК), критерии Кохрена и Фишера. Результаты расчетов приведены в таблице.

Представленные в таблице коэффициенты корреляции свидетельствует, что найденные зависимости прямые и сильные. Максимальная нелинеаризованная относительная ошибка по МНК во всех экспериментах – до 10%, средняя – до 5%. Значения критерия Кохрена для всех опытов, рассчитанные в линеаризованном виде, $Gr^{расч} \leq Gr^{таб}$, т.е. меньше табличного значения (0,6838), что означает – дисперсия опытов однородна и воспроизводимость хорошая. Значения критерия Фишера, полученные для двух серий экспериментов, рассчитанные по МНК $Fp^{расч} < Fp^{таб}$ (табличное значение – 3,71), свидетельствуют, что модели адекватны.

Графики экспериментальных данных и теоретических зависимостей оптической плотности суспензий от концентрации солевой рапы озера Эльтон и бишофита приведены на ***рис. 3*** и ***4***.

Проведенный регрессионный анализ результатов опытов позволяет сделать вывод, что полученные в ходе экспериментальной работы результаты являются достоверными, воспроизводимыми, могут быть использованы для повышения продуктивности штамма *Bacillus subtilis ВГТУ5* и перспективны для внедрения в технологический процесс биологической очистки сточных вод.

В работе были проведены расчеты показателей эколого-экономического эффекта использования солевой рапы озера Эльтон для проведения биологической очистки сточных вод на примере Волгоградского кожевенного завода ООО «Шеврет» производительностью 375 969 м^3

Таблица. 1.
Результаты регрессионного анализа зависимостей оптической плотности бактериальных суспензий от концентрации минеральных компонентов в среде

Наименование расчетных параметров	Значение параметров	
	Рапа озера Эльтон	Бишофит
Коэффициент корреляции	0,960	0,874
Критерий Кохрена	0,530	0,570
Критерий Фишера	2,100	2,680

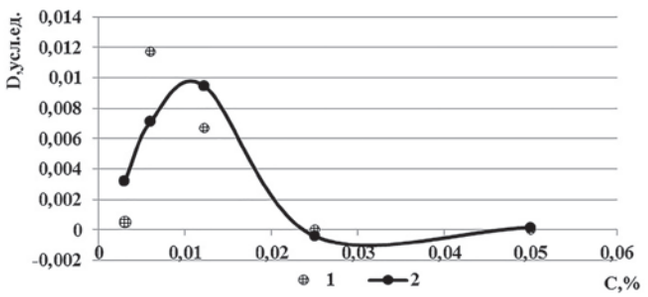


Рис. 4.
Зависимость оптической плотности суспензии клеток от концентрации бишофита (1 – экспериментальные значения; 2 – теоретический график)

сточной воды в год. Эколого-экономическая эффективность результатов оценивалась на основе «Временной типовой методики определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды». Годовой экономический эффект от внедрения результатов работы с учетом использования солевой рапы составит 786 035 руб. Таким образом, результаты проведенной работы экономически выгодны и имеют экологическую ценность для внедрения на очистных сооружениях кожевенных предприятий.

Литература

1. Бобылев С.Н. Энергокомплекс и природа // Энергия: экономика, техника, экология. 2001. № 1. С. 35–40.
2. Голованчиков А.Б., Симонов Б.В. Применение ЭВМ в химической технологии и экологии: учебное пособие. Волгоград: ВолгГТУ. 1994. Ч. 1. 114 с.
3. Иванов О.П. Государственное управление природными ресурсами. Новосибирск: СибАГС. 2007. С. 165–167.
4. Колотова О.В., Владимцева И.В., Герман Н.В., Соколова И.В. Использование природных неорганических веществ для интенсификации биотехнологических процессов // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 23. С. 132–135.

UDC 628.543.35

I.V. Vladimtseva, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Industrial Ecology and Life Safety of Volgograd State Technical University[1], alexvlad32@yandex.ru
N.V. German, PhD, Senior Lecturer of the Department of Ecology and Nature Management, of Volgograd State Technical University[1], nadya–grman@rambler.ru
I.V. Sokolova, PhD, Assistant Professor of the Department of Industrial Ecology and Life Safety of Volgograd State Technical University[1], pebg@vstu.ru
O.V. Kolotova, PhD, Assistant Professor of the Department of Industrial Ecology and Life Safety of Volgograd State Technical University[1], pebg@vstu.ru
D.A. Sidenko, graduate student of the Department of Industrial Ecology and Life Safety of Volgograd State Technical University[1], seabird01495@mail.ru

[1]Volgograd State Technical University. 28 Lenin av. Volgograd, 400005, Russia.

Areas of the Application for Natural Mineral Resources in the Biological Wastewater Treatment

Abstract. The investigation of possible use of natural mineral resources – the Elton brine and bishofit for increaring growth properties of the bacterial strain– destructor of wastewater pollution made. Identified increase of 213.0 per cent microbial biomass during addition it in the synthetic nutrition medium. Regression analysis of experimental data showed high validity and reproducibility. Calculating of environmental–economy effect of brine using testified the economy feasibility and the environment value of the results.

Keywords: natural mineral resources; bishofit; brine; biological treatment of wastewater; strains–destructors of pollution; brine; microbial power sources.

References

1. Bobylev S.N. *Energokompleks i priroda* [Energocomplex and nature]. *Energiia: ekonomika, tekhnika, ekologiia* [Energy: economics, technology, ecology], 2001, no. 1, pp. 35–40.
2. Golovanchikov A.B., Simonov B.V. *Primenenie EVM v khimicheskoi tekhnologii i ekologii: uchebnoe posobie* [The use of computers in chemical technology and ecology: a tutorial]. Volgograd, VolgGTU Publ., 1994, part 1, 114 p.
3. Ivanov O.P. *Gosudarstvennoe upravlenie prirodnymi resursami* [State management of natural resources]. Novosibirsk, SibAGS Publ., 2007, pp. 165–167.
4. Kolotova O.V., Vladimtseva I.V., German N.V., Sokolova I.V. *Ispol'zovanie prirodnykh neorganicheskikh veshchestv dlia intensifikatsii biotekhnologicheskikh protsessov* [Use of natural inorganic substances for the intensification of biotechnological processes]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2013, vol. 16, no. 23, pp. 132–135.