

ГОУ ВПО «Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет»

Факультет естественно-географического образования

Кафедра ботаники и экологической биотехнологии

К 70-летию заведующего
кафедрой, доктора биологических
наук, профессора Морозова
Николая Васильевича

Природоохранные биотехнологии в XXI веке

Сборник научных статей

Казань 2010

43. Harrold L.L., Edwards W.M. Watershed Studies of agricultural pollution. HAR, 1971. - № 9. - P. 1852.
44. Kordel W., Ronnefahrt J. Feldversuche Zum Austag von Pflanzen - Schudzmittein uber Drainage - Abshatzung der Belasting aquatischer Okosysteme //Mitt. Biol. Bundesanst. Lond-und. Porswirt. Berlin Dahlem, 1966. - № 321. - S. 49.
45. Kordel W., et al. Impact on non-target aquatic ecosystems by pesticides//Brighton Crop. Prot. Conf.: Pest and Diseases. - Brighton, 1994. - 320 p.
46. Loher Raymond C. Agricultural runoff characteristics and control. J. Sanit. End. Div. Proc. Amer. Soc. Civ-Eng., - 1972. - № 6. - P. 909-925.
47. Starret S.K., Ehrsticencs N.E., Al Star. Austin T. Movement of pesticides under two irrigation regimes applied to turf pass // J. Environ Qual. 1906. - № 3. - P. 86.
48. Schmid G. Gewasser - Entrophierung und Luftvermenreinigung durch Wasserthierhaltungen//Wasser und Boderee., 1972. - Bd. 24. № 5 - S. 186.
49. Vollenwieder R.A. Scientific fundamentals, of the eutrophication of lakes and frowing waters, with particular reference to nitrogen, and phosphorus as factors in eutrophication//Report. Organ. For Economic Co-Operation and Defelopmens. - Paris, 1970. - P. 215.

ТЕХНИЧЕСКИЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПРИРОДООХРАННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

Азимов Ю.И., Басыров И.Р., Савдур С.Н.

Казанский финансово-экономический институт

Природоохранная биотехнология как возможность сохранения качества окружающей среды во многом определяет будущее цивилизации, обеспечения здоровья человека и условий воспроизводства биосферы. Задачи природоохранной биотехнологии на 21 век в условиях возрастания техногенного воздействия определены разработкой теоретических и практических решений по обеспечению эффективности проведения процессов биотехнологии путём:

- внедрения высокоэффективного оборудования;
- информационного обеспечения кинетики техпроцесса;
- разработки автоматизированной системы управления.

Современное оборудование биотехнологии - мембранный

биореактор.

Мембранный биореактор - современная, интенсивно развивающаяся технология для очистки муниципальных сточных вод и промышленных стоков, загрязнённых органическими веществами. Технология сочетает в

себе комбинацию технологии микрофильтрации - ультрафильтрации на полых волокнах и традиционную биологическую очистку активным илом.

Компактность оборудования - оптимальный выбор для проектировщиков системы и конечных пользователей.

Ультрафильтрационный модуль позволяет поддерживать более высокую концентрацию активного ила в аэротенке, исключить вынос активного ила из реактора. Вместе с этим технология позволяет увеличить время контакта активного ила, тем самым увеличивается эффективность очистки.

Использование мембранного биореактора по сравнению с традиционной технологией имеет следующие преимущества:

- высокое качество стоков, практически полное отсутствие взвешенных веществ;
- возможность дезинфекции без применения химикатов;
- уменьшение производства активного ила на 40 %;
- интенсификация процесса за счет высокой концентрации биомассы (до 15 г/л);
- очистка трудно разлагаемых органических фракций и повышенная стабильность таких процессов как нитрификация;
- сокращение занимаемой площади до 50%.
- восстановление работоспособности и увеличение производительности действующих очистных сооружений.

Практически отпадает необходимость во вторичном отстойнике и доочистке сточных вод.

Современные методы осветления - напорная пневмофлотация.

Флотационные установки PMT-FLOT созданы на основе принципа флотации с использованием растворенного воздуха (DAF-dissolved air flotation). Воздух растворяется под давлением в специальном резервуаре, и после подачи в зону флотации в растворенном виде, генерирует большое количество микроскопических пузырьков, обладающих большой поверхностной адгезией по отношению ко взвешенным в воде частицам. При этом удаляется до 99,5 % взвешенных веществ органического, неорганического и биологического происхождения с размерами до 1 мкм.

Область применения:

- предприятия пищевой, химической, нефтехимической и целлюлозно-бумажной промышленности,
- коммунальное хозяйство,
- энергетика, металлургия и др.

Преимущества:

- надежность в эксплуатации и простота в обслуживании,
- высокая эффективность в работе,
- малое энергопотребление и низкие эксплуатационные затраты,
- компактность исполнения,
- высокий уровень автоматизации.

Ионообменные смолы.

В системах водоподготовки рекомендуются:

- **сильнокислотные катиониты ГРАНИОН 001x7** в H⁺ форме для обессоливания или в готовой Na⁺ форме для умягчения воды (эффективно заменяет катионит КУ-2-8 или сульфуголь);

- **слабокислотный катионит ГРАНИОН D-113-III** для разрушения карбонатной щелочности и умягчения воды; при использовании катионита взамен сульфуголя фильтроцикл увеличивается в три и более раза (отечественного аналога нет);

- **сильноосновной анионит ГРАНИОН 201** - аналог анионита АВ-17-8) обладает высокой обменной емкостью по анионам кремниевой кислоты и углекислоты.

- **слабоосновной анионит ГРАНИОН D 301-111 и ГРАНИОН D311** (заменяют анионит АН-31, значительно превосходят его по ресурсу работы и устойчивости к отравлению органикой).

Для решения множества проблем, связанных с присутствием органики в природной воде, мы предлагаем различные технологические разработки, в том числе недорогую высокоэффективную смолу **органопоглотитель «ГРАНИОН ДОС-2001»**.

В настоящее время ионообменные смолы «ГРАНИОН» используются на многих предприятиях энергетики и промышленности России. Наша компания ведет **техническое сопровождение** поставляемых материалов, начиная с момента загрузки и на весь период эксплуатации.

Данные ионообменные смолы соответствуют всем международным требованиям, признаны во многих странах и широко поставляются в Японию, США, Италию, Швейцарию, Германию и Корею, а с 1998 г. имеют международный сертификат качества ISO 9001.

Флотаторы. Флотационные установки PMT-FLOT созданы на основе принципа флотации с использованием растворенного воздуха (DAF-dissolved air flotation). Воздух растворяется под давлением в специальном резервуаре, и после подачи в зону флотации в растворенном виде, генерирует большое количество микроскопических пузырьков, обладающих большой поверхностной адгезией по отношению ко взвешенным в воде частицам. При этом удаляется до 99,5 % взвешенных веществ органического, неорганического и биологического происхождения с размерами до 1 мкм.

Область применения:

- коммунальное хозяйство;
- предприятия пищевой, химической, нефтехимической и целлюлозно-бумажной промышленности, энергетики, металлургии и др.

Преимущества:

- надежность в эксплуатации и простота в обслуживании;
- высокая эффективность в работе;
- малое энергопотребление и низкие эксплуатационные затраты;
- компактность исполнения;

- высокий уровень автоматизации.

Информационное обеспечение кинетики технологического процесса биоочистки технологических углеводородсодержащих стоков химических, нефтехимических и других отраслей производства.

Блочная установка глубокой биоочистки углеводородсодержащих сточных вод базируется на разработанном профессором Морозовым Н.В. (кафедра ботаники и экологической биотехнологии ТГГПУ) биореакторе **струйно-отстойном аппарате (СОА)**, представляющем собой аппарат колонного типа с установленным в верхней его части струйным элементом, работающим как разбрызгивающее и перемешивающее устройство, и организованной в нижней его части зоной отстоя. При формализации функционирования СОА с целью создания адекватной модели процесса были выделены три зоны: зона распыления потока, зона оседания распыленного потока и зона отстоя. Ход процесса в первой части аппарата, рассматриваемого нами как модель реактора идеального смешения [2], описан системой обыкновенных дифференциальных уравнений. Для стационарных режимов процесса данная система была сведена к виду:

$$\begin{aligned} B^{(0)} - B^{(1)} + t_{cp1} q_B = 0 \\ S^{(0)} - S^{(1)} + t_{cp1} q_S = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

имеющему аналитическое решение. Здесь $t_{cp1} = V_1/v$ - среднее время пребывания элемента потока в зоне распыления; V_1 - объем зоны распыления, м³; v - объемная скорость входного потока, м/с; $B^{(0)}$, $B^{(1)}$ и $S^{(0)}$, $S^{(1)}$ - количество микроорганизмов и концентрация нефтепродуктов в потоке и в зоне распыления соответственно; $q_B^{(0)}$, $q_S^{(0)}$ - скорость роста нефтеокисляющих микроорганизмов и биоокисления углеводородов нефти, соответственно.

Распыленные частицы потока при продолжающемся окислении нефтепродуктов постепенно оседают по высоте аппарата. Процессы в этой зоне аппарата, рассматриваемой нами как модель реактора идеального вытеснения [2], смоделированы системой обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dB^{(2)}}{dt} &= q_{B^{(2)}} \\ \frac{dS^{(2)}}{dt} &= q_{S^{(2)}} \end{aligned} \quad (2)$$

$$B^{(2)}|_{t=t_{cp1}} = B^{(1)}$$

$$S^{(2)}|_{t=t_{cp1}} = S^{(1)}, \quad (t_{cp1} < t < t_{cp1} + t_{cp2})$$

где $t_{cp2} = S_2 h_2 / v$ - среднее время нахождения элемента потока в зоне вытеснения; h_2 - высота зоны вытеснения.

Скорость микробиологических процессов описывается уравнениями [3]:

$$q_B = \frac{dB}{dt} = mB - K_d B \quad (3)$$

$$q_S = \frac{dS}{dt} = \frac{1}{Y_S} mB \quad (4)$$

Здесь m - удельная скорость роста бактерий; K_d - константа скорости отмирания микроорганизмов; Y_S - экономический коэффициент, связывающий количество образующейся биомассы с количеством субстрата.

Удельная скорость развития нефтеокисляющих микроорганизмов определяется как видом микроорганизмов, так и параметрами среды:

$$m = m_{\max} f_1(S) f_2(H^+) f_3(t^0) f_4(C_{кат}) B;$$

где

$$f_1 = S/(K_s + S) - \text{функция Моно}$$

$$f_2 = 1/(1 + H^+/K_1 + K_2/H^+);$$

$$f_3 = 1/\exp[(t^0_{опт} - t^0)^2/d]$$

$$f_4 = 1/(1 + C_{кат1}/K_{кат1} + K_{кат2}/C_{кат2})$$

здесь m_{\max} - максимальная удельная скорость, определяемая особенностями микроорганизмов; H^+ - концентрация ионов водорода; K_1 и K_2 - константы ингибирования; $t^0_{опт}$ - оптимальная, а t^0 - текущая температуры стока; d - температурный диапазон; $C_{кат}$ - концентрация биокатализирующих соединений; $K_{кат1}$ и $K_{кат2}$ - константы активации.

Численное решение математической модели СОА позволило рассчитать оптимальные стационарные режимы работы аппарата, (например, потока, концентрацию микроорганизмов, биогенных элементов и индуцирующих соединений и др.) обеспечивающие активный прирост биомассы микроорганизмов, а, следовательно, и интенсивную биодеструкцию нефтесодержащих загрязнений.

Реальная разработка новых технологий биочистки требует, во-первых, чтобы новые подходы и новые технологии сочетались с традиционными технологиями и имеющейся инфраструктурой и, во-вторых, чтобы переработка технологических стоков (на всех уровнях: от АЗС до производств регионального значения) была элементом общей системы управления водными ресурсами в пределах региона. Управление последней, в свою очередь, должно сочетаться с другими видами производственной

При управлении производственными системами (в том числе и ХТС водоподготовки) традиционно выделяют следующие уровни, характеризующиеся собственной иерархической структурой:

- совокупности типовых процессов (химических, механических, тепломассообменных и т.д.), лежащих в основе того или иного техпроцесса и локальные системы автоматического управления;

- агрегаты или комплексы аппаратов, реализующие многостадийный техпроцесс, либо совокупность техпроцессов подготовки компонентов, получения промежуточных полупродуктов, производства целевого продукта с АСУТП и АСУ организации их функционирования (АСУ цеха);

- предприятие в целом и АСУП.

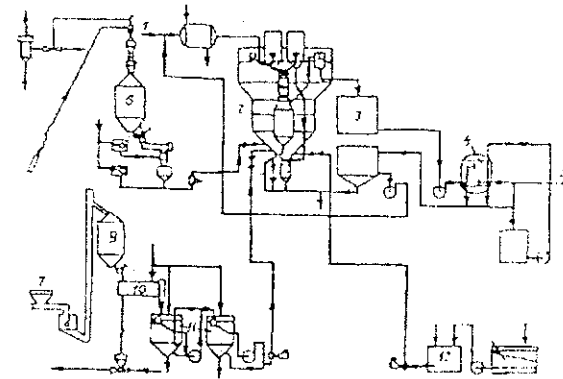


Рис.1. Схема ХТС водоподготовки (фазы известкования коагуляции магниезольного обескремнивания): 1-исходная вода; 2-осветлитель; 3-промежуточный бак; 4-осветлительные фильтры; 5-вывод обработанной воды; 6-бункер-хранилище каустического магнетита; 7- хранилище извести; 8-дробилка бункера негашеной извести; 9-бункер хранилище погашенной извести; 10-аппарат для гашения извести; 11-известковые циркуляционные мешалки 12-расходный бак раствора коагулянта.

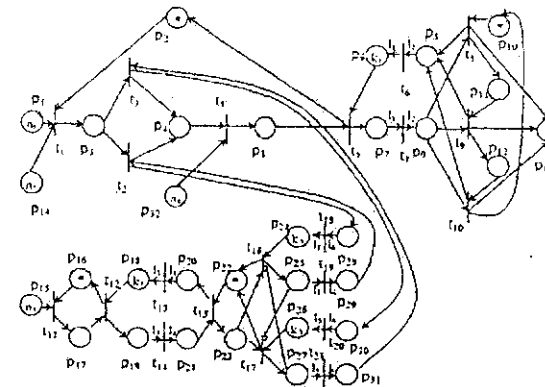


Рис. 2. СП - модель ХТС водоподготовки деятельности: промышленным производством, выработкой электроэнергии, использованием транспортных коммуникаций и т.д.

Из вышеизложенного следует, что эффективное управление на сегодняшний день немыслимо без АСУ, компьютерных технологий и математических моделей. В этой связи приобретает принципиальное значение разработка рациональных способов моделирования соответствующих систем и происходящих в них процессов. При этом модель

процесса описывает трансформацию материального или информационного потока (дискретного или непрерывного), а модель системы описывает исследуемое явление как распространение этих потоков через совокупность взаимосвязанных объектов-элементов системы. Обобщенная модель производственной системы учитывает модели процессов и систем как некоторую целостность взаимосвязанных частей.

С учетом изложенного, для анализа, моделирования и создания систем управления ХТС водоподготовки (на всех уровнях иерархии производственных систем) авторами был использован математический аппарат сетей Петри (СП), а точнее разработанная нами модификация СП, реализованная путем введения в описание СП ингибиторных дуг, приоритетных переходов и изменения правил срабатывания переходов, учитывающих временные задержки в вершинах СП. Сети Петри представляются наиболее рациональным математическим аппаратом для анализа объектов, подобных рассматриваемым в данной работе. В данном сообщении рассматриваются начальные фазы водоподготовки, предусматривающие операции известкования, коагуляции и магнезиального обескремнивания воды.

Данные операции последовательно проводятся в установке, структурная схема которой приведена на рис.1

Аппаратурное оформление установки включает:

-оборудование для подготовки реагентов: известкового молока, коагулянта, каустического магnezита и соответствующие коммуникации, связывающие их с основным аппаратом-осветлителем;

-осветлитель - аппарат, последовательно реализующий стадии водоподготовки;

-вспомогательное оборудование: промежуточные буферные емкости и систему фильтров.

СП были использованы для моделирования структуры аппаратурного оформления и организации функционирования данной установки. На этапе формализации для моделирования были выделены основные материальные потоки и элементы ХТС водоподготовки. При интерпретации элементов ХТС в терминах СП использовалась следующая формализация: метка интерпретируется как порция реагента или воды (полупродукта), которая может делиться, сливаться с другими компонентами, увеличиваться или уменьшаться по массе или объему.

Таким способом реализуется дискретизация процесса, необходимая на этапе компьютерного анализа ХТС водоподготовки. Были построены модели в виде сети Петри (СП-модели) основных аппаратов и синтезирована СП-модель ХТС. Граф СП-модели представлен на рис.2.

Интерпретация элементов СП-модели следующая:

оборудование для подготовки реагентов смоделировано как сборники исходных компонент - позициями-источниками: p_{14} - сборник коагулянта p_{22} - сборник каустического магnezита p_{15} бункер-хранилище негашеной извести.

Осветлитель моделируется как аппарат периодического действия СП-фрагментом СП: $P_1UT_1 = \{p_6, p_7, p_8, p_9\} \cup \{t_5, t_6, t_7, t_8, t_9\}$, в котором позиции соответствуют стадиям ХТП: p_3 - моделируют стадию коагуляции, p_4 - стадию известкования, а p_5 -стадию магнезиального обескремнивания. Сигнальная позиция p_2 информирует о готовности осветлителя к очередному технологическому циклу. Переходы t_1, \dots, t_4 моделируют входы осветлителя, через которые реализуется загрузка и дозагрузка реагентов на соответствующих стадиях. Переход t_5 моделирует выход из осветлителя (вход в промежуточный бак).

Промежуточный бак моделируется как буферная емкость вместимости K_1 преобразующая I_1 , поступивших порций в I_2 ; выгружаемых порций

$$P_2UT_2 = \{p_6, p_7, p_8, p_9\} \cup \{t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}\}$$

Здесь позиции p_7 и p_9 моделируют режим загрузки и режим разгрузки. Позиции p_6, p_8 , приоритетный переход t_6 и кратные дуги между ними реализуют механизм деления и слияния (дискретизации) меток, моделирующий преобразование веса порций полупродукта при реализации техпроцесса.

Промежуточный бак имеет один вход, моделируемый переходом t_5 , и выходы на три осветительных фильтра, моделируемых как аппараты дискретно-непрерывного действия переходами t_8, t_9, t_{10} .

Система позиций p_{10}, p_{11}, p_{12} и дуг, соединяющих их с переходами t_8, t_9, t_{10} реализует механизм функционирования совокупности фильтров по кольцевому приоритету (один - в режиме фильтрации, другие - в режиме регенерации).

Позиция-сток p_{13} соответствует буферной емкости осветленной воды.

Линия подготовки известкового молока представлена СП-графом

$$P_3UT_3 = \{p_{15}, p_{16}, \dots, p_{31}\} \cup \{t_{11}, t_{12}, \dots, t_{21}\}$$

где фрагмент $p_{31} = \{p_{16}, p_{17}\} \cup \{t_{11}, t_{12}\}$ моделирует дробилку извести - аппарат периодического действия с одним входом $-(t_{11})$ и одним выходом $-(t_{12})$;

фрагмент $P_{32}UT_{32} = \{p_{18}, p_{19}, p_{20}, p_{21}\} \cup \{t_{12}, t_{13}, t_{13}, t_{14}\}$ моделирует бункер хранения негашеной извести, как промежуточную емкость, вмещающую до K_2 порций и преобразующую I_3 загружаемых порций в I_4 порций выгружаемых);

фрагмент $P_{33}UT_{33} = \{p_{22}, p_{33}\} \cup \{t_{15}, t_{16}, t_{17}\}$ моделирует гаситель извести, моделируемому как аппарат периодического действия с одним входом (переход t_{15}) и двумя выходами (переходы t_{16}, t_{17}).

Два известковых сместителя, работающих в режиме непрерывной циркуляции, моделируются соответственно следующими СП-графами:

$$P_{34}UT_{34} = \{p_{24}, \dots, p_{27}\} \cup \{t_{16}, t_{17}, t_{18}, t_{19}\} \text{ и}$$

$$P_{35}UT_{35} = \{p_{28}, \dots, p_{31}\} \cup \{t_{17}, t_{20}, t_{21}, t_3\}$$

где t_{16}, t_{17} - входы аппаратов, t_2, t_3 - их выходы (входы на стадию известкования осветлителя). Ингибиторными дугами из p_{25} в t_{17} и из p_{29} в t_{16} реализуется приоритетность стартовавшего аппарата, запрещающего загрузку второго аппарата, если в это время загружается первый.

Граф СП-модели начальных фаз водоподготовки (известкование, коагуляция и магниезиальное обескремнивание воды) наглядно отражает структуру функционирования рассмотренного фрагмента ХТС водоподготовки. Существенно, что ее анализ позволяет достаточно строго определить подходы к разработке системы управления и созданию алгоритмического и программного обеспечения АСУТП рассмотренных фаз и ХТС водоподготовки в целом. Соответствующие данные будут представлены в серии последующих сообщений.

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО БИОПРЕПАРАТА НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Багаутдинова Г.Г., Киреева Н.А., Новоселова Е.И.
Башкирский государственный университет

Показано, что обработка семян и посевов сахарной свеклы биопрепаратом, полученным на основе эндомикоризного гриба, способствует восстановлению ферментативной и микробиологической активности чернозема выщелоченного, загрязненного нефтью.

Нефть является основным техногенным загрязнителем в Республике Башкортостан. При ее разливах на длительное время нарушается нормальное функционирование почвенной экосистемы, меняется направленность и интенсивность окислительно-восстановительных процессов [1].

Загрязнение нефтью почвы сопровождается сильным негативным воздействием на растения, из-за изменения ее физико-химических свойств, главным образом из-за увеличения гидрофобности и заполнения нефтью почвенных капилляров и прямого токсического действия углеводородов нефти (фитотоксичности) [1, 8], обусловленного развитием в ней микромицетов, образующих токсины [3, 5].

Проблема увеличения продуктивности важнейших сельскохозяйственных культур в условиях возрастающего антропогенного воздействия на состояние окружающей среды становится все более актуальной. В связи с этим к числу приоритетных направлений современного растениеводства относится целенаправленное использование биологических регуляторов роста и развития растений, полученных на основе микроорганизмов, для повышения устойчивости и продуктивности сельскохозяйственных культур.

Эндомикоризные грибы (везикулярно-арбускулярные) являются перспективными агентами для создания биопрепаратов – регуляторов роста растений, так как способные как к мобилизации питательных веществ, так и детоксикации чужеродных соединений.

Целью данной работы явилось изучение влияния предпосевной обработки семян и посевов сахарной свеклы биопрепаратом, полученным на основе эндомикоризного гриба, на биологическую активность почвы в условиях нефтяного загрязнения.

Исследования проводили на черноземе выщелоченном (гумус 9,8%, опытное поле Кармаскалинского района). Семена сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L., сорт Милан) перед посевом обрабатывали 0,001% раствором биопрепарата Метаболит, представляющий собой природный экстракт биологически активных веществ гриба-эндифита *Moniliales acremonium*, выделенного из корней трехлетней облепихи [6]. Через 60 суток после всходов растений сахарной свеклы часть опытных делянок искусственно загрязняли товарной нефтью в концентрации 6,1 г/100г и затем проводили дополнительное опрыскивание посевов. Варианты опыта: 1. Контроль (без биопрепаратов и нефтяного загрязнения, фоновая почва); 2. Обработка семян и растений сахарной свеклы биопрепаратом; 3. Загрязненный нефтью чернозем; 4. Обработка семян и растений биопрепаратом + загрязнение чернозема нефтью. С целью оценки биологической активности почвы под растениями (эдафосфера) и в ризосфере сахарной свеклы изучали численность некоторых физиологических групп микроорганизмов методом посева на твердые питательные среды [4] и ферментативную активность [7].

С окислительно-восстановительными процессами в почве, происходящими при участии ферментов каталазы и дегидрогеназы связан распад нефтяных углеводородов [2]. Определение активности каталазы и дегидрогеназы в ризосфере сахарной свеклы через 7 суток после загрязнения нефтью показало достоверное ее снижение, а в эдафосфере повышение по сравнению с активностью незагрязненного фонового варианта (табл. 1).

Обработка семян сахарной свеклы, а затем дополнительное опрыскивание посевов способствовало разнонаправленному воздействию биопрепарата на активность этих ферментов в фоновой почве. Дегидрогеназная активность повышалась, что говорит о стимуляции метаболитами эндомикоризного гриба процессов анаэробного дегидрирования в почве. В нефтезагрязненной почве, как в ризосфере так и в эдафосфере, активность этого фермента при внесении биопрепарата была выше, чем в фоновой почве, что свидетельствует об интенсификации процессов распада углеводородов. При загрязнении чернозема нефтью активность каталазы резко снизилась (табл.1). Обработка семян сахарной свеклы биопрепаратом так же снизила активность каталазы в почве фонового варианта опыта. Низкая активность каталазы сохранилась и в нефтезагрязненной почве с внесением биопрепарата, однако, в ризосфере она была выше, чем в почве варианта без препарата, а в эдафосфере низкая активность каталазы в нефтезагрязненной почве с внесением биопрепарата сохранилась по сравнению с вариантом без препарата. Вероятно, для восстановления каталазной активности необходима неоднократная обработка посевов биопрепаратом.