

В. В. Гончарук, Д. Д. Кучерук, А. О. Самсоні-Тодоров, В. Ф. Скубченко

Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А. В. Думанського, Київ

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Аннотация: В работе рассмотрены типоразмерный ряд установок для очистки питьевой воды "Вега", другие типы аппаратов и установок, а также эффективные технологии и биотехнологии для очистки природных, технических и сточных вод, разработанные специалистами Института коллоидной химии и химии воды им. А. В. Думанского НАН Украины на основании длительных фундаментальных исследований. В разработанных технологиях и установках учтены особенности водоснабжения разных регионов Украины.

Ключевые слова: питьевая вода, сточная вода, ультрафиолет, катализ, озонирование, обратный осмос, биотехнологии, биомаркеры.

В. В. Гончарук, Д. Д. Кучерук, О. О. Самсоні-Тодоров, В. Ф. Скубченко. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ.

Анотація: У роботі розглянуто типорозмірний ряд установок для очищення питної води "Вега", інші типи апаратів і установок, а також ефективні технології та біотехнології для очищення природних, технічних і стічних вод, розроблені фахівцями Інституту колоїдної хімії та хімії води ім. А. В. Думанського НАН України на підставі тривалих фундаментальних досліджень. У розроблених технологіях і установках враховані особливості водопостачання в різних регіонах України.

Ключові слова: питна вода, стічна вода, ультрафіолет, каталіз, озонування, зворотний осмос, біотехнології, біомаркери.

V. V. Goncharuk, D. D. Kucheruk, A. O. Samsoni-Todorov, V. P. Skubchenko. ADVANCED METHODS OF WATER PURIFICATION.

Abstract: In this work a rank of units of "Vega" series for collective and individual usage in treatment of drinking water, and other types of units and devices for water treatment as well as effective technologies and biotechnologies for treatment of natural and wastewaters designed by experts of A. V. Dumanskii Institute of Colloid and Water Chemistry of National Academy of Sciences of Ukraine were described. The technologies and units were developed on the basis of extended studies taking into account features of water supplying in domestic inhabited localities and were patented in tens both in Ukraine and abroad.

Keywords: drinking water, wastewaters, ultraviolet, catalysis, ozonation, reverse osmosis, biotechnology, biomarkers.

1. ВВЕДЕНИЕ

Проблема обеспечения населения Украины доброкачественной питьевой водой относится к числу наиболее социально значимых, поскольку вода непосредственно влияет на состояние здоровья граждан и кардинальным образом определяет степень экологической и эпидемиологической безопасности целых регионов. Анализ состояния водоснабжения населения в большинстве регионов Украины показал, что качество питьевой воды в ряде случаев остается неудовлетворительным, а в некоторых населенных пунктах эта проблема приобрела кризисный характер.

Реальная обстановка в источниках водоснабжения свидетельствует об ухудшении качества воды, связанном со сбросом в водоемы антропогенных загрязняющих веществ, что является наиболее серьезной проблемой. В результате ряд водных объектов стал практически непригодным для осуществления питьевого водоснабжения, так как их качественные показатели не удовлетворяют нормативным требованиям подготовки питьевой воды на действующих станциях.

Подземные водоисточники, более защищенные от загрязнений, используются недостаточно. Действующие до настоящего времени ГОСТ 2761-84 "Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения" и ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая" не отражают реально сложившейся ситуации, так как до настоящего времени система отечественного контроля качества питьевой воды в значительной мере отстает от принятых стандартов в технически развитых государствах.

Примерно пятая часть общего объема воды, потребляемой населением Украины, не отвечает нормативам действующего стандарта по отдельным показателям. Ныне существенно ограничены возможности получения высококачественной питьевой воды в Автономной Республике Крым, Николаевской,

Херсонской, Днепропетровской, Донецкой, Ивано-Франковской областях. Около 1 200 населенных пунктов Украины употребляют привозную питьевую воду.

Проведенный анализ водопотребления в ряде регионов сельской местности показывает недопустимое загрязнение питьевой воды азотистыми соединениями и пестицидами, которые превышают нормативы в десятки раз, что является следствием непродуманного использования минеральных удобрений и ядохимикатов в сельскохозяйственном производстве.

2. УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Проблема водоснабжения и обеспечения населенных пунктов Украины качественной питьевой водой имеет общегосударственное стратегическое значение и требует комплексного подхода. В стране принят Закон "Об общегосударственной программе "Питьевая вода Украины" на 2006–2020 г." № 2455-IV от 03.03.2005 г., но реализация этой общегосударственной программы требует значительных капиталовложений и времени.

Не исключая необходимости усовершенствования действующих и строительства новых систем централизованного водоснабжения для обеспечения населения качественной питьевой водой, предусмотренных этой программой, наиболее реальной в ближайшее время будет разработка и внедрение индивидуальных и коллективных водоочистительных установок, а также более совершенных технологий водоочистки с использованием действующих сооружений.

Наиболее перспективными для решения этой задачи может быть создание многофункциональных блочных установок коллективного и индивидуального назначений для получения качественной питьевой воды в населенных пунктах, где вода не отвечает действующим

стандартам, а также внедрение более совершенных технологий для очистки природных и сточных вод [1, 2]. Установки "Вега" для очистки питьевой воды коллективного и индивидуального назначения разработаны специалистами Института коллоидной химии и химии воды НАН Украины на основании фундаментальных систематических исследований с учетом особенностей качества воды в источниках. Установки защищены десятками патентов в Украине и за рубежом, прошли длительную производственную апробацию более чем на 100 объектах Киева, Харькова и других городов Украины. В настоящее время в рамках реализации Инновационного проекта при финансовой поддержке Кабинета министров Украины разработана и изготовлена партия более совершенных комплексных установок для получения высококачественной воды в населенных пунктах, в которых она не отвечает действующим стандартам на питьевую воду.

В разработке установок "Вега", а также в ряде эффективных технологий очистки воды (в отличие от других отечественных и зарубежных разработок) для получения качественной питьевой воды используется ряд "ноу-хау", включающие новейшие физико-химические методы обработки воды.

Применение технологии ультрафиолетового облучения в сочетании с каталитическими методами обработки воды обеспечивает полное ее обеззараживание от всех микроорганизмов, включая патогенные микроорганизмы (в том числе возбудители вирусного гепатита А, полиомиелита, брюшного тифа, дизентерии, холеры, сальмонеллеза, конъюнктивита и др.) [3, 4]. При этом не образуются вредные побочные продукты. Установки "Вега" сертифицированы МЗ Украины (N5.02.28.В-272 от 26.05.98 г.) и рекомендованы для получения высококачественной питьевой воды в населенных пунктах, где вода не соответствует действующему стандарту, особенно в экологически и санитарно неблаго-

гополучных регионах, а также в зонах радиационного загрязнения.

Установки предназначены для обеспечения качественной питьевой водой школьных, детских, лечебных учреждений и предприятий пищевого профиля. Они могут быть использованы на объектах жилого фонда, железнодорожного, авто- и водного транспорта в стационарном и мобильном вариантах. Установки обеспечивают высокую эффективность очистки воды из водопроводных систем, подземных, солоноватых и соленых вод от всех видов взвесей, токсичных примесей, в том числе соединений железа, марганца и других тяжелых металлов, радионуклидов, нитратов, пестицидов [5], гербицидов, хлора, хлорорганических примесей, а также других загрязнителей. Качество питьевой воды, получаемой из установок, соответствует не только действующему стандарту Украины "Вода питьевая", но и требованиям Евростандарта и ВОЗ. Установки класса "Вега-3-УМ" могут быть модифицированы для опреснения морской воды. Производительность установок – от 0,15 до 25 м³/ч. По заказам изготавливаются установки большей производительности. С учетом качества исходной воды могут использоваться установки следующих серий:

Установки серии "ВЕГА У"

Эти одномодульные установки предназначены для очистки воды от взвесей токсичных примесей органических веществ, соединений тяжелых металлов, в т. ч. железа и марганца, радионуклидов; для устранения мутности, цветности, неприятных привкусов и запахов. Полное обеззараживание воды обеспечивает ультрафиолетовое облучение. Установки содержат блоки сорбционной очистки на природных и синтетических сорбентах, а также обеззараживания воды (рис. 1, 2).



Рис. 1. Установка ВЕГА У-150

Установки серии "ВЕГА 1У"

Применяются для кондиционирования питьевой воды с повышенной жесткостью. Дополнительно к задачам, решаемым установками серии "ВЕГА У", они обеспечивают снижение содержания солей в воде. Установки включают блоки сорбционной очистки, умягчения на ионообменной смоле и обеззараживания.

Установки серии "ВЕГА-2У"

Применяются для получения высококачественной питьевой воды из источников с высоким содержанием органических веществ. Дополнительно к задачам, решаемым установками серии "ВЕГА У", обеспечивают глубокое окисление всех органических соединений.

Таблица 1. Показатели аппаратов "ВЕГА-3-УМ"

Производительность, м ³ /ч*	2,5	5,0	10,0	25,0
Потребляемая электрическая мощность, кВт	3,2	7,5	11,0	18,5
Габаритные размеры, м (длина, ширина)	2,00×3,00	3,00×3,50	3,50×4,00	6,50×6,00

*Для уточнения технологического комплекта оборудования необходим предварительный анализ исходной воды. Стоимость 1 м³ воды для установки производительностью 5 м³/час при полной комплектации всех блоков составляет 1,46 грн.



Рис. 2. Установка ВЕГА У-500

ний озоном в специально разработанном каталитическом режиме. За счет применения модифицированных сорбентов обработанная вода приобретает естественные вкусовые качества, при этом ресурс рабочего сорбционного блока возрастает. Установки включают блоки каталитического озонирования, сорбционной очистки и ультрафиолетового обеззараживания.

Установки серии "ВЕГА-3-УМ"

Установки и аппараты "ВЕГА-3-УМ" (рис. 3) для гарантированной адсорбционно-окислительной очистки воды используют фотокатализ, мембранные технологии и ультрафиолет; они предназначены для очистки воды от



Рис. 3. Установка серии ВЕГА-3-УМ

органических примесей и коррекции ее солевого состава. Установки состоят из окислительного и сорбционного блоков очистки воды на природных и синтетических модифицированных сорбентах, обеззараживания, обессоливания обратным осмосом или нанофильтрацией. Установки обеспечивают доочистку водопроводной воды или автономного источника водоснабжения, доводя ее качество до необходимых нормативов.

Аппараты "ВЕГА-3-УМ" для получения питьевой воды из солоноватых вод с концентрацией 3–5 г/дм³ характеризуются следующими показателями (см. табл. 1).

Аппараты "ПРОМИНЬ"

Аппараты "ПРОМИНЬ" (рис. 4) предназначены для обеззараживания воды. В качестве обеззараживающего средства в аппарате используются кварцевые лампы отечественно-



Рис. 4. Аппарат "ПРОМИНЬ"

го производства низкого или среднего давления типа ДРБ или ДРТ [2]. Климатическое исполнение аппаратов – УХЛ, категория 4 по ГОСТ 15150-69 для работы при температуре 5–35 °С. Производительность базовых установок – 1–100 м³/ч.

Водоочистительные фильтры "ДАНА-ФОРУ"

Применяются на водопроводных станциях производительностью до 8 000 м³/сутки с целью дезодорации, обезжелезивания и деманганации подземных вод, а также доочистки сточных вод. При необходимости фильтры "Дана-ФОРУ" могут использоваться для умягчения воды, удаления из неё аммиака, радионуклидов, тяжелых металлов и других специфичес-

Таблица 2. Основные технические характеристики фильтров "Дана-ФОРУ"

Показатель	ФОРУ-100	ФОРУ-500	ФОРУ-1250
Производительность, м ³ /ч	100–200	500–800	1000–1500
Диаметр, м	1,4	2,0	3,2
Высота, м	4,90	5,65	6,65
Объем загрузки фильтрующего материала, м ³	3,5	7,0	18,5
Масса фильтра, кг	2130	3525	6700

ких загрязняющих веществ. Фильтры могут устанавливаться как на открытых площадках, так и в помещениях. Установка фильтров на открытых площадках не требует строительства дорогостоящих капитальных сооружений.

Основные технические характеристики фильтров "Дана-ФОУ" приведены в табл. 2.

Применение фильтров "Дана-ФОУ" уточняется проектно-конструкторскими и технологическими решениями. Количество фильтров и режимы их эксплуатации, тип загрузки определяются с учетом качества исходной воды, производительности станции и других условий. Блочный набор сооружений обеспечивает гибкость технологии при изменении качества исходной воды.

3. ДРУГИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

В институте разработаны и прошли испытания технологии, которые рекомендуются к широкому внедрению, а именно:

Озоно-адсорбционная технология получения питьевой воды

Применяется для получения высококачественной питьевой воды из маломутных вод (содержание взвешенных веществ до 10 мг/дм³) с высокой цветностью и значительным количеством органических примесей. Может успешно применяться для очистки воды от соединений железа и марганца. Технология включает стадии предварительного озонирования воды, фильтрования ее через слой активированного угля со специально подобранной пористой структурой, осветления на механическом фильтре и завершающего обеззараживания воды. При загрязненности исходной воды соединениями железа и марганца, а также ее мутности до 20 мг/дм³ можно проводить предварительные фильтрования или отстаивания с коагуляцией.

Данная технология обеспечивает:

- удаление токсичных органических при-

месей в питьевой воде;

- содержание соединений железа и марганца на безвредном для здоровья человека уровне;
- микробиологическую безопасность питьевой воды.

Озоно-флотационная технология получения высококачественной питьевой воды из поверхностных вод

с повышенными мутностью и цветностью

Применяется для получения высококачественной воды из вод поверхностных источников, характеризующихся содержанием взвешенных веществ более 15 мг/дм³ и цветностью > 80 град по кобальтово-никелевой шкале. Такие воды, как правило, имеют значительное количество растворенных органических примесей, которые при применении традиционной технологии превращаются в высокотоксичные канцерогенные хлорорганические соединения. Озоно-флотационная технология включает операции озонирования и реагентной флотации, отстаивания, фильтрования и завершающую стадию – обеззараживание.

Данная технология обеспечивает:

- удаление токсичных органических примесей в питьевой воде;
- ее микробиологическую безопасность;
- содержание остаточных количеств использованных реагентов на безвредном для организма человека уровне.

Технология комбинированного обессоливания и умягчения воды

с применением полиакриловых катионитов

Для обессоливания и глубокого умягчения традиционно применяются сульфокатиониты. Их регенерация требует значительного количества реагентов (кислоты, щёлочи, соли), которые в 1,5–5 раз превышают минимально необходимые по стехиометрии химических реакций. Это делает неприемлемым по экономическим соображениям использо-

вание ионообменной технологии в ряде сфер, в частности для кондиционирования охлаждающей воды в системах оборотного и замкнутого водоснабжения.

Принципиально новые возможности открывает запатентованная Институтом технология комбинированного получения обессоленной и умягчённой воды с применением полиакриловых катионитов. Технические решения основаны на двух эффектах:

- эффект высокого сродства полиакриловых катионитов с ионами гидроксония, что позволяет регенерировать ионит без затрат избытка кислоты. Более того, появилась возможность практически полного восстановления рабочей обменной ёмкости таких катионитов отходами производства – кислыми сточными водами регенерации сульфокатионита установок обессоливания воды;
- эффект, обнаруженный в процессе разработки технологии и гарантирующий получение глубоко умягчённой воды. Он обусловлен наличием в карбоксильном катионите спаренных обменных групп, проявляющих повышенную селективность в отношении двухзарядных катионов. Для реализации этого эффекта необходимо выполнение двух условий: глубокая регенерация катионита и образование в слое материала в рабочем цикле зоны солевой формы ионообменника с однозарядными катионами. Такая зона может формироваться за счёт использования сточных вод ОН-анионитных фильтров установки обессоливания воды.

Поскольку при реализации новых технических решений для умягчения воды нет необходимости в затратах товарных реагентов, применение вышеназванной технологии экономически оправдано не только в традиционных сферах, но и в условиях, когда классическая технология умягчения воды нерентабельна. В

частности, на ТЭС и АЭС эта технология позволяет улучшить качество воды в оборотных системах охлаждения конденсаторов турбин.

Преимущества новой технологии по сравнению с традиционной:

- возможность глубокого умягчения воды с применением существующего оборудования без затрат товарных реагентов;
- исключение затрат соли на умягчение воды;
- полное использование кислоты и щёлочи для регенерации ионитов;
- сокращение расхода кислоты и извести на обработку воды;
- исключение образования сточных вод при умягчении воды;
- полная нейтрализация сточных вод установки обессоливания воды в основном технологическом процессе;
- уменьшение парка основного технологического оборудования.

Технология очистки радиоактивно загрязнённых минерализованных и шахтных вод

Новые взаимосвязанные технические решения очистки шахтных вод дополняют существующие технологии и обеспечивают более глубокую очистку воды, всестороннюю защиту окружающей среды и рациональное использование водных ресурсов.

Предлагаемая технология очистки промышленных и шахтных вод от природных радионуклидов, в частности от урана и тяжёлых металлов, кроме удаления радиоактивных элементов обеспечивает умягчение и снижение общего солесодержания воды до 1 г/дм³. Технологическая схема включает следующие основные процессы: коагуляцию взвесей, фильтрование воды, ионообменную карбонизацию и известкование. Кроме того, один из предлагаемых вариантов, включающий на заключительных стадиях использование мембранных установок, позволяет полу-

чать очищенную воду, по показателям отвечающую требованиям, которые предъявляются к питьевой воде.

Преимуществом предлагаемых технических решений является одновременное удаление анионов сильных кислот, в частности нитрат-ионов на анионообменнике в HCO_3^- форме. Одновременно в анионированной воде обеспечивается преимущественное содержание бикарбонат-ионов, что на стадии известкования позволяет умягчить и дезактивировать воду с одновременным уменьшением ее содержания.

Технология обеспечивает степень очистки воды от урана – 99 %, радия-226 – 90 %, тория-232 – 75 %, полония-210 – 85 %.

Биосорбционная очистка поверхностных и сточных вод от радионуклидов

Технология биосорбционной очистки радиоактивно загрязненных вод отличается простотой аппаратного оформления и значительной экономической эффективностью.

Биосорбционный метод заключается в использовании для очистки радиоактивно загрязненных вод биосорбентов, полученных путем иммобилизации гидробиоценозов на волокнистых насадках типа "ВИЯ". Насадка из капронового волокна обеспечивает большую поверхность для биообросаний, что позволяет получать высокоэффективный сорбент для удаления радионуклидов и тяжелых металлов. Микроорганизмы гидробиоценозов устойчивы к радиоактивному излучению. Даже при активности вод 10^{-5} – 10^{-6} Ки/дм³ не наблюдается угнетения их размножения и роста. Реализация метода возможна как для очистки промышленных сточных вод в закрытых резервуарах, так и радиоактивно загрязненных проточных вод в естественных условиях.

Преимущества предложенного способа очистки радиоактивных вод, по сравнению с

известными технологиями, заключаются в следующем:

- обеспечивается высокая степень очистки воды от ^{137}Cs , ^{90}Sr и других радионуклидов;
- удельная активность отработанного биосорбента увеличивается почти на 2 порядка за месяц работы биосорбента при удельной затрате биомассы всего 1,2 кг/м³ очищенной воды;
- метод технологически прост как при подготовке сорбента, так и при его использовании в процессе очистки воды (впоследствии обеспечивается удаление из воды носителя с накопленными на нем радионуклидами для дальнейшего обезвреживания);
- низкая стоимость получения биологического сорбента;
- биосорбент эффективно работает при очистке проточных радиоактивно загрязненных вод в естественных условиях, что не достигается ни одним из известных способов.

Биотехнология глубокой очистки хозяйственно-бытовых сточных вод

Применяется для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод от локальных источников (жилых зданий, пансионатов, мотелей, баз отдыха, коттеджей, кафе, ресторанов, заправочных станций, станций технического обслуживания автомобилей). Обеспечивает достижение качества очистки сточных вод, удовлетворяющего требованиям СанПиНа и "Норм охраны поверхностных вод от загрязнения оборотными водами". Технология базируется на комбинированной анаэробно-аэробной обработке сточных вод с использованием прикрепленной и свободноплавающей микрофлоры, инициации процессов нитри- и денитрификации.

Оборудование, предназначенное для реализации технологии, выполнено по блочному

принципу. В его состав входит: накопитель-отстойник с фильтром для удаления грубых нерастворимых механических примесей и принудительной циркуляцией обрабатываемого стока; четырехкамерный биоблок с отстойником; сборник-стабилизатор избыточной биомассы; смотровой колодец для визуального контроля потока и отбора проб очищенной воды, а также насос для перекачки обрабатываемой воды и воздуходувка. В зависимости от уровня требований к сбрасываемой воде или условий объекта канализования в комплект оборудования может быть включен аппарат ультрафиолетового облучения для обеззараживания очищенной воды, а также дополнительный биоблок, допускающий прием в систему очистки нефтесодержащих вод (для случаев автозаправочных и автомоечных станций).

Очищенная вода может быть сброшена на площадки фильтрации, в дренажные колодцы, в природные водоемы или используется повторно для технических нужд. Выделенные на механических фильтрах взвешенные частицы и мусор вывозятся на свалку, а избыточная биомасса обезвоживается в рукавных фильтрах и компостируется, превращаясь в ценное удобрение.

Комплекс автоматизирован и не требует постоянного обслуживания. Технологические операции оптимизируются и программируются по параметрам качества очистки и экономичности обработки воды. Биотехнология характеризуется минимальным энергопотреблением и не требует применения реагентов.

Производительность локальных очистных сооружений – 0,5–100 м³/сутки.

Биотехнология очистки водоемов, донных отложений и грунтов на территориях, загрязненных нефтью и нефтепродуктами
Применяется для очистки природных и искусственных технологических водоемов (озер,

прудов-отстойников и др.), включая донные отложения и прилегающие территории, от загрязнения нефтью и нефтепродуктами в результате аварийных разливов или производственной деятельности.

Технологический цикл предусматривает включение следующих этапов: механический сбор и удаление на утилизацию жидких пленочных нефтепродуктов с водной поверхности; глубокую аэробную микробиологическую очистку воды от растворенных и эмульгированных нефтепродуктов (в частности и откачку жидкости из водоема, где это необходимо и возможно); откачку жидких остатков нефти из донных отложений; микробиологическое обезвреживание загрязненных нефтью твердых донных отложений, в т. ч. и загрязненных грунтов прилегающих территорий с их полной биологической рекультивацией. При применении технологии комплексной очистки достигается полное восстановление природных свойств территории (воды и грунта) с уровнем содержания остаточных нефтепродуктов, не превышающем предельно допустимые концентрации (ПДК), установленные для водоемов хозяйственно-питьевого назначения, и фоновых уровней содержания нефтепродуктов в грунтах смежных территорий, не подвергавшихся загрязнению.

Предлагаемая технология экологически безопасна и эффективна, ее реализация не связана с применением химических реагентов. Используемые нефтеокисляющие микроорганизмы выделены из природной среды, не патогенны, не токсичны, не изменены генетически и соответствуют установленным требованиям безопасности. Посевной материал микроорганизмов выращивается непосредственно на месте использования в биореакторах, разработанных Институтом, благодаря чему достигается высокая концентрация активных нефтеокисляющих бактерий в зоне обработки и отпадает необходимость в закуп-

ке дорогостоящих микробных препаратов промышленного производства. Кроме того, с целью повышения глубины и скорости минерализации нефтепродуктов на этапе биологического обезвреживания и рекультивации загрязненных грунтов используются вермиккультура как фактор, усиливающий действие микроорганизмов, и травы-фитомелиоранты.

Биотехнология очистки нефтесодержащих сточных вод

Применяется для очистки нефтесодержащих вод в условиях нефтебаз, автозаправочных станций, машиностроительных, авиационных и других предприятий, на судах, буровых платформах и подобных объектах.

Технология предусматривает очистку сточных вод от нефтепродуктов при использовании нефтеокисляющих микроорганизмов, обеспечивающих снижение концентрации нефтепродуктов в очищенной воде до 0,3 мг/л с одновременным улучшением санитарно-гигиенических показателей сбрасываемой воды (в 10 и более раз снижается концентрация условно-патогенной микрофлоры, удаляется сероводород, вода насыщается кислородом). Технологической схемой предусмотрена двухступенчатая обработка нефтесодержащих стоков, включающая механическое отделение и сбор пленочных нефтепродуктов с целью их утилизации, а также глубокую биологическую очистку воды ассоциацией нефтеокисляющих микроорганизмов. Очищенная вода близка по качеству к воде природных водоемов.

Разработаны компактные очистные установки, рассчитанные на очистку 1, 3, 5, 50, 100, 140 м³ нефтесодержащих вод в сутки. В зависимости от степени загрязненности воды и требований к качеству очистки биологическая обработка осуществляется в одну или две стадии в камерах аэрации, снабженных отстойниками для отделения сбрасываемой воды от микроорганизмов. Работа установок

автоматизирована.

Конструктивной особенностью этих установок является возможность их размещения и эксплуатации на плавсредствах (баржи, понтоны, транспортные и пассажирские суда).

Установка производительностью 1 м³/сутки с рабочим объемом аэрационной камеры 0,65 м³ имеет следующие габаритные размеры (м): длина – 0,9; ширина – 0,55; высота – 1,2.

Станция производительностью 50–100 м³/сутки представляет собой плавучий понтон с металлическим корпусом и надстройкой, оборудованный необходимыми судовыми системами и устройствами. Электропитание осуществляется от дизельно-электрического агрегата мощностью 50 кВт. Станция имеет следующие размеры (м): длина – 46,7; ширина – 11,4; высота борта – 2; осадка средняя – 1,6.

Технология очистки природных и сточных вод от токсичных органических примесей

Технология глубокого извлечения из воды ПАВ и продуктов их взаимодействия с другими загрязнителями основана на использовании процессов окисления с последующей адсорбционной доочисткой воды биологически активным углем (биосорбция). Этим достигается экономия энергоресурсов и площадей для размещения очистных сооружений. Кроме того, технология является экологически целесообразной вследствие отсутствия отходов водоочистки, а глубина извлечения органических загрязнений (< 0,5 мг/дм³) удовлетворяет требованиям международных и национальных стандартов относительно сброса сточных вод в природные водоемы.

С целью контроля и регулирования технологических параметров, сочетания окисления органических соединений с последующей биосорбцией использован экспрессный биосенсорный анализ токсичности образующихся продуктов окисления для обеспече-

ния эффективности последующего биосорбционного процесса. Это дает возможность оптимизировать технологические режимы процесса с точки зрения минимизации расхода реагентов и времени обработки воды.

Оценка токсичности воды путем биосенсорного контроля после полной ее очистки от органических соединений является обязательной стадией технологического процесса в соответствии с отечественными и международными стандартами.

В технологии используются:

- оптимальные режимы окислительной обработки воды озоном в сочетании с УФ-облучением с учетом токсичности образующихся продуктов окисления;
- одновременное протекание адсорбционных и биохимических процессов на поверхности активного угля (АУ), что позволяет использовать адсорбционную активность АУ без перевода его в инертный носитель биомассы;
- новая модель биосорбера.

Созданы автоматизированные методы биосенсорного тестирования токсичности воды в процессе ее очистки на основе использования активированной хемолуминесценции экзаметаболитов среды обитания дафний и бактериальной биолюминесценции *Photobacterium phosphorum* K3, *Vibrio fisheri* F1, *Vibrio fisheri* Sh1. Технология защищена патентом Украины.

Кроме того, специалистами института разработана и рекомендуется к широкому использованию

Методика оценки токсичности воды и лекарственных препаратов с использованием животных и растительных тест-организмов и их клеток

Методика включает оценку как общей токсичности с использованием представителей

растений, беспозвоночных и позвоночных животных, так и цитотоксичности (по ядрышковому биомаркеру) и генотоксичности (по микроядерному тесту) на клетках этих же организмов. Весь набор используемых методов на клеточном уровне позволяет получить результаты гарантированного качества.

Для определения острой и хронической токсичности водных образцов и лекарственных препаратов используются представители беспозвоночных животных с высокочувствительной реакцией на внешнее загрязнение (цериодафния или дафния и гидра), представители позвоночных (рыбы), а также некоторые виды растений (лук, салат).

Методику отличает экспрессность оценки токсичности среды, поскольку фиксируются изменения метаболической активности клеток по ядрышковому биомаркеру в первые часы экспозиции. Показателем генотоксичности выбран один из наиболее широко используемых тестов – микроядерный, который объективно характеризует частоту хромосомных нарушений в клетках. Анализ водных проб с использованием ядрышкового и микроядерного биомаркеров позволяет оценить риск для здоровья человека. Метод запатентован в качестве альтернативного подхода для оценки разных типов токсичности лекарственных средств, а также степени совершенства технологий их производства.

Подробная информация о биотестировании качества воды представлена на сайте www.celltest.kiev.ua.

4. ВЫВОДЫ

В Институте коллоидной химии и химии воды им. А. В. Думанского НАН Украины разработаны многофункциональные блочные установки и технологии для получения качественной питьевой воды, предназначенной для школьных и детских учреждений, предприятий пищевой промышленности и обществен-

ного питания, заведений здравоохранения, жилых объектов, железнодорожного и водного транспорта и других водопотребителей.

В отличие от существующих типов отечественных и зарубежных установок для гарантированного очищения и обеззараживания воды в установках "Вега" используются ультрафиолетовое облучение с фотокатализом, окисление, сорбция примесей и доочистка воды мембранами, а также целый ряд "ноу-хау".

Установки обеспечивают высокую степень очистки воды из водопроводной сети, шахтных колодцев и артезианской воды от взвешенных веществ любого типа, токсичных веществ, хлора и хлорорганических соединений, тяжелых металлов, радионуклидов, нитратов, пестицидов и гербицидов. Установки позволяют скорректировать солесодержание, а также (благодаря использованию УФ-облучения) достичь полного безреагентного обеззараживания питьевой воды. Указанные установки могут быть базовыми для опреснения морской воды. Питьевая вода, полученная на этих установках, отвечает требованиям не только действующих нормативов Государственного стандарта "Вода питьевая", ГСанПИ-

На Украины, но и требованиям Директивы Совета Европейского Союза 98/83/ЕС и Всемирной организации охраны здоровья.

В ИКХХВ НАН Украины также разработаны высокоэффективные технологии, установки и аппараты для очистки питьевой и сточных вод от различных загрязнений. Разработаны комплексные технологии очистки хозяйственных и сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, а также методика биотестирования различных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гончарук В. В., Скубченко В. Ф. // Проблеми сталого розвитку України. – К.: Видав. БМТ НАН України, 2001. – С. 347–356.
2. Гончарук В. В., Балакіна М. М., Кучерук Д. Д. та ін. // Доповіді Національної Академії наук України. – 2005. – № 2. – С. 174–178.
3. Гончарук В. В., Потапченко Н. Г., Косинова В. Н., Сова А. Н. // Химия и технология воды. – 2001. – № 2. – С. 98–209.
4. Гончарук В. В., Чорноморець М. П., Потапченко Н. Г. та ін. // Там само. 2004. – № 2. – С. 202–213.
5. Гончарук В. В., Вакуленко В. Ф., Самсоні-Тодоров А. О., Гречко А. В. // Там само. 1995. – № 4. – С. 397–410.

Надійшла до редакції 30.09.05
