

$\theta=8^\circ$ ,  $\frac{\ell}{D} = 1,5$  аналогично как и при истечении на экран в атмосферу, однако величина  $\zeta$  уменьшается от  $\zeta=0,4$  при истечении в атмосферу до  $\zeta=0,2$  при истечении под уровень, а для относительной длины  $\frac{\ell}{D} = 3,0$  – с  $\zeta=0,43$  до  $\zeta=0,36$  ( $\frac{t}{D} = 0,6$ ).

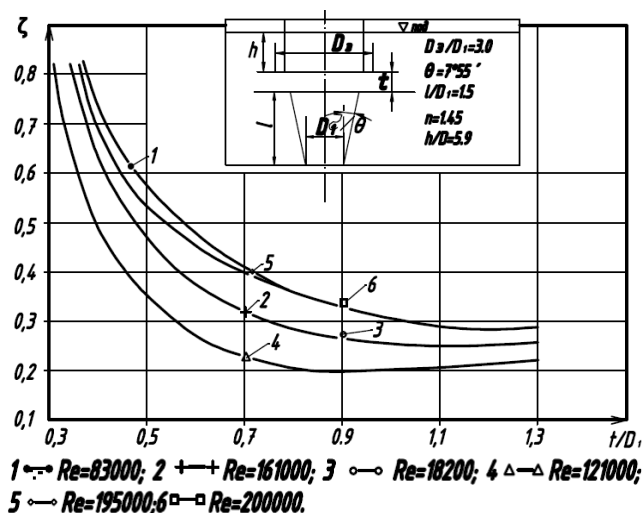


Рис. 6. Зависимость опытных значений коэффициента сопротивления  $\zeta$  круглого диффузора от  $t/D_1$  при истечении на экран под уровень:  $\theta=8^\circ$ ;  $l/D_1=1,5$ ;  $n=1,45$ ;  $h/D_1=6$

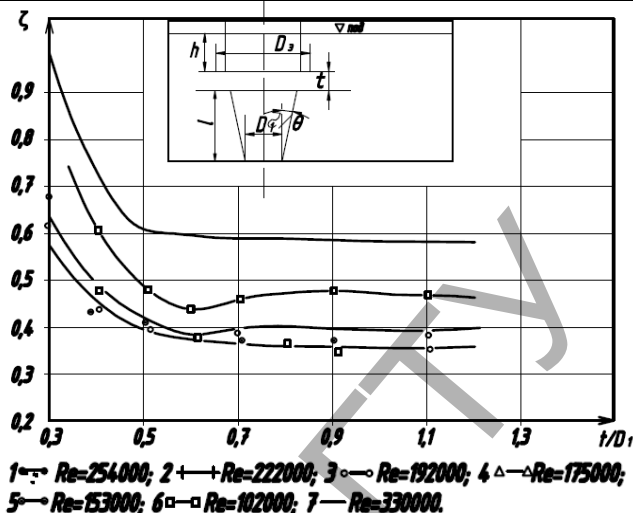


Рис. 7. Зависимость опытных значений коэффициента сопротивления  $\zeta$  круглого диффузора от  $t/D_1$  при истечении на экран под уровень:  $\theta=8^\circ$ ;  $l/D_1=3,0$ ;  $n=3,34$ ;  $h/D_1=4,5$

**Заключение.** Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что оптимальное расстояние от экрана до выходного сечения диффузора, при котором экран не влияет на коэффициент сопротивления диффузора, составляет  $t=(0,5\pm 0,7)D$ . Сравнивая эти величины с существующими параметрами при строительстве ГЭС ( $t=1,25D$ ), можно заметить существенную разницу в сторону уменьшения расстояния от выходного сечения отсасывающей трубы до дна камеры, а следовательно, уменьшение объема бетона и стоимости строительства.

Материал поступил в редакцию 16.04.13

#### GROMIC N.V., VODCHITS N.N., STELMASHUK S.S. Diffusers applying in building small power stations

Laboratory researches results of direct axes diffusers are given. Their aim is to show the usage in building small power stations.

УДК 620.197.5

Степанюк А.А.

### УЛУЧШЕНИЕ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОСУШЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ОГЛЕЕННЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ ЖЕЛОБОПОДОБНЫМ РЫХЛИТЕЛЕМ

**Введение.** За последние годы на территории Западного Полесья Украины в результате ряда экономических, организационных и др. причин значительно ухудшилось техническое состояние дренажных систем и, как следствие, снизились урожаи сельскохозяйственных культур. С целью улучшения мелиоративного режима таких систем целесообразно проводить глубокое рыхление почвы.

Однако технология традиционного глубокого рыхления имеет ряд недостатков, а именно: относительно невысокие коэффициенты рыхления и полноты рыхления, значительная энергоемкость, небольшая длительность последствия. Традиционные глубокорыхлители не отвечают современным требованиям агротехники. Они не гарантируют полного качественного рыхления и структурообразования почвогрунта, запрессовывают и затирают почву у стенок прорезаемых щелей, требуют больших тяговых усилий. За последние годы проведена большая работа по конструированию, изготовлению, испытанию и внедрению средств глубокого рыхления – агро мелиоративных глубокорыхлителей. В зависимости от принципа действия и конструктивных особенностей все они делятся на две группы: с активным и пассивным рабочими органами.

Активные глубокорыхлители сложнее пассивных по конструкции

и в эксплуатации. Они эффективны только на прочных и плотных почвогрунтах, а на относительно мягких немерзлых почвогрунтах преимуществ перед пассивными практически не имеют. Поэтому наибольшее распространение получили пассивные рыхлители. Они надежны, просты по конструкции и в эксплуатации, но требуют более мощных тягачей.

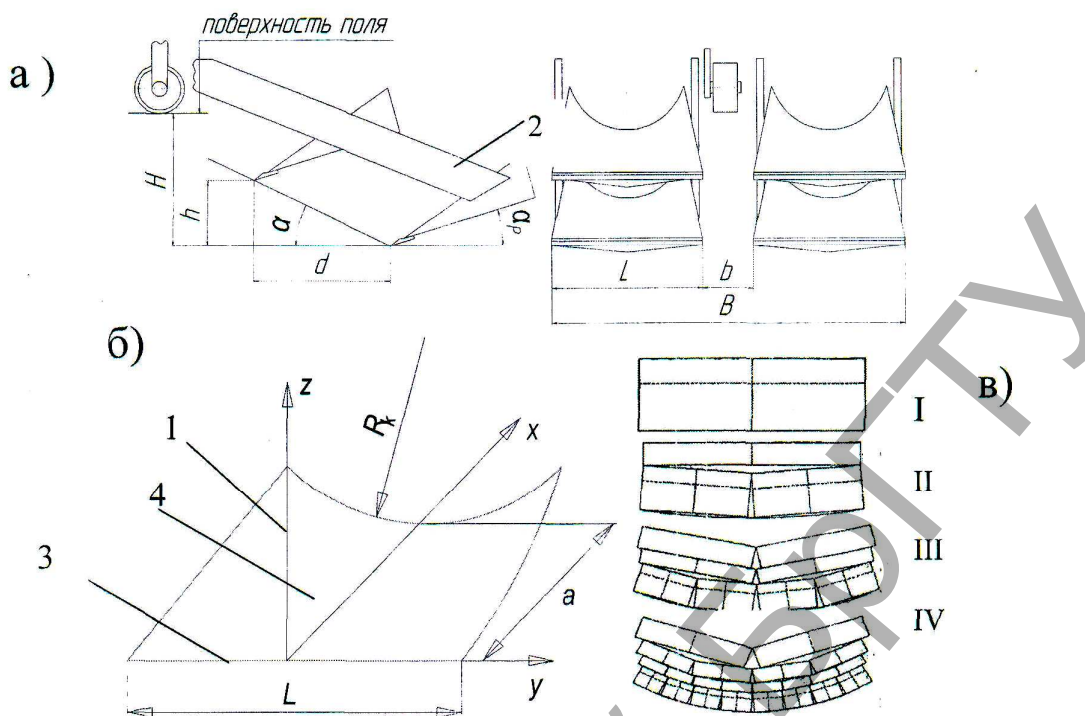
Рабочими органами пассивных глубокорыхлителей являются один или несколько мощных ножей стоечных или периметровых типов. Они разуплотняют массив грунта разрезанием.

В последнее время созданы многоярусные глубокорыхлители, которые используют иной принцип рыхления почвы и в значительной степени устраняют недостатки традиционных рыхлителей, однако они нуждаются в оценке их работоспособности и эффективности в производственных условиях.

Исследователями доказано, что вертикальный почвенный профиль сельхозугодий должен иметь противэрозионный верхний слой (0...0,05 м), корневой слой (0,05...0,4 м) и нижний фильтрационный слой (> 0,4...0,6 м). Структура почвы (процентное соотношение по массе групп "ценных" комков и фракций других размеров) каждого из этих

Степанюк Антон Адамович, инженер кафедры строительных, дорожных, мелиоративных машин и оборудования Национального университета водного хозяйства и природопользования.

Украина, 33028, г. Ровно, ул. Соборная, 11.



а) схема многоярусного рабочего органа; б) схема почвообрабатывающего элемента; в) стадии измельчения стружки почвообрабатывающей поверхностью при движении

1 – почвообрабатывающий элемент; 2 – рама; 3 – лемех; 4 – желоб;  $H$  – глубина рыхления;  $h$  – толщина стружки;  $\alpha$  – угол наклона рамы к горизонту;  $\alpha_p$  – задний угол;  $B$  – ширина полосы рыхления;  $R_k$  – "конечный" радиус желоба;  $a$  – длина желоба;  $b$  – расстояние между соседними почвообрабатывающими поверхностями;  $l$  – ширина почвообрабатывающей поверхности

Рис. 1. Многоярусный рабочий орган-структурообразователь (симметричный)

слоев должна быть оптимальной в соответствии с назначением каждого из них. Исходя из таких требований, группой авторов кафедры строительных, дорожных, мелиоративных машин и оборудования (НУВХП, г. Ровно) разработан вариант многоярусного рабочего органа – "структурообразователь", который позволяет получить необходимую структуру почвогрунта в каждом горизонте и, одновременно, дифференцировать степень рыхления почвогрунта по глубине и по горизонтам, то есть сознательно выборочно управлять структурообразованием в каждом горизонте вертикального профиля почвы.

Рабочий орган многоярусного рыхлителя-структурообразователя (рис. 1, а) состоит из одной или нескольких рам 2, на которых закреплены несколько почвообрабатывающих элементов 1. Конструкция и работа почвообрабатывающих элементов рабочего органа – структурообразователя – отличны от конструкции и работы предыдущего рабочего органа. Каждый из них представляет собой комбинированную поверхность (рис. 1, б), состоящую из плоского лемеха 3, плавно переходящую в транспортируемую поверхность в виде желоба 4 с переменным радиусом кривизны. Последний уменьшается в направлении движения слоя разработанного грунта.

Во время рабочего движения структурообразователя каждый его почвообрабатывающий элемент 1 лемехом 3 подрезает слой почвы. Подрезанная почва, двигаясь желобом переменной кривизны 4, копирует его поверхность и, сгибаясь в лобовой плоскости, разрушается на отдельные агрегаты. Размеры полученных агрегатов тем меньше, чем меньше "конечный" радиус кривизны желоба  $R_k$ . Таким образом, подбирая нужный "конечный" радиус, можно получать необходимую степень измельчения почвы в каждом горизонте.

Благодаря новому принципу рыхления, впервые появилась возможность управлять процессом рыхления почвы, а именно: получать желаемую степень рыхления в каждом горизонте вертикального профиля почвы, дифференцировать структуру почвы рыхления по глубине. Кроме того, данным рабочим органом можно проводить как полосовое, так и сплошное рыхление. По сравнению с современны-

ми глубокорыхлителями такой рыхлитель имеет на 40% меньшее удельное сопротивление перемещению при рыхлении.

Теперь выясним, как именно происходит процесс рыхления тела почвогрунта поперечным изгибом в лобовой плоскости. Проанализируем напряженно-деформационное состояние почвенных балок во время их движения почвообрабатывающей поверхностью структурообразователя. Для этого рассмотрим взаимодействие поверхности желоба с почвенными балками (рис. 2).

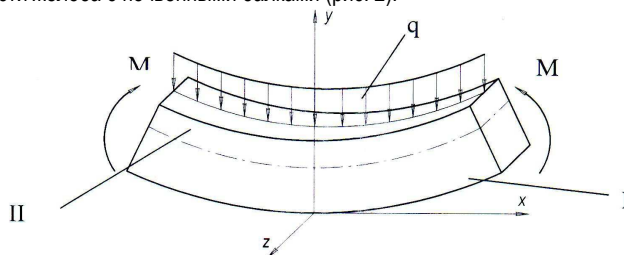


Рис. 2. Модель почвенной балки, подвергающейся деформации изгибом

При изгибе любого тела происходит условное деление его на две продольные части: в одной части (на рис. 2 – Зона I) возникают растягивающие напряжения  $\sigma_r$ , а в другой (зона II) – сжатия  $\sigma_c$ . Первая часть волокон увеличивается, а вторая – сокращается. Силы растяжения и сжатия, возникающие в соответствующих зонах при изгибе, одинаковые по величине, но имеют противоположное направление. Нейтральный слой (слой волокон, который "разделяет" зоны сжатия и растяжения) уравнивает одну и другую силы и имеет волокна неизменной длины.

Если материал оказывает одинаковое сопротивление деформациям растяжения и сжатия, то нейтральный слой проходит через центр тяжести поперечного сечения. Однако почвогрунт (и ряд других материалов – бетон, чугун и др.) хорошо работает на сжатие, но

имеет малую прочность на растяжение. Такие материалы носят название анизотропных или бимодульных.

Анизотропность почвогрунта объясняется их дисперсной природой. Отношения модулей упругости почвы на сжатие и растяжение –  $E_c / E_p = 2,5 \dots 4,1$ . Мнимый нейтральный слой почвенной балки при изгибе смещается пропорционально отношению модулей упругости в зону сжатия. Вследствие этого 62...83% поперечного сечения грунтовой балки работает на растяжение, что уменьшает энергоёмкость процесса рыхления почвы.

Разделение балок на агрегаты происходит циклически, путем поочередного их разрушения вначале продольным расслоением, а затем поперечным разрывом (или наоборот) в несколько стадий (рис. 1,в). Интенсивность процесса измельчения тем больше, чем ближе эта зона измельчения стружки к поверхности желоба. При удалении зоны измельчения от упомянутой поверхности интенсивность пропорционально спадает. В большинстве случаев первичное расслоение происходит по нейтральному слою почвенной балки. Что происходит в первую очередь – расслоение или поперечный разрыв, в конце-концов зависит от соотношения длины и толщины балки. Заметим, что на следующей стадии измельчения неизменной остается высота почвоагрегатов, которые образовались в зоне сжатия.

Поставленная научно-практическая задача в условиях Западного Полесья является новой, и ранее не исследовалась. Решение ее базируется на методологии теоретических и экспериментальных исследований.

Целью данного исследования является изучение влияния традиционных и новейших средств глубокого рыхления почвы на водно-физические свойства и водно-воздушный режим почвогрунта и обоснование рациональных способов и средств улучшения технического состояния существующих осушительных дренажных систем.

Район исследований находился в типичных геолого-геоморфологических, гидрогеологических и почвенных условиях Западного Полесья Украины. Район представляет собой сплошной слабоволнистый массив, прилегающий к железнодорожному пути Ровно-Сарны. Юго-восточная часть этого района находится в тальвегодобных понижениях, которые в некоторых местах простираются вдоль автодороги Ровно-Сарны. Южной границей массива являются земли Гослесфонда, которые от массива отделяются каналом МК-1. Он является спрямляющим руслом реки Зульня. Зульня протекает вдоль массива, пересекает трассу железнодорожного пути и впадает в реку Горынь. Она является водоприемником существующей здесь осушительной системы "Печаливка". Именно на этой осушительной системе были проведены исследования.

Исследовались три варианта глубокого рыхления:

- серийным двустоечным рыхлителем РУ-45;
- опытным образцом одностоечного многоярусно-плужного рыхлителя-трубоукладчика;
- опытным образцом многоярусного рыхлителя-структурообразователя.

В качестве контрольного (стандартного) варианта были приняты участки исследуемой дренажной системы, которая подвергалась только обычной вспашке без какого-либо дополнительного возделывания. Совокупность четырех участков (трех исследовательских и одного контрольного) составили схему полевых исследований.

Эффективность рыхления (структурообразования) в значительной степени зависит от применяемых способов (средств) рыхления почвы. При испытании положительные результаты показали все примененные способы (средства) рыхления, как традиционные, так и новейшие. Наилучшие показатели получены при применении многоярусного структурообразователя почв.

Однако принципиальным является то, что в отличие от всех других средств этот рабочий орган впервые позволяет прогнозировать и получать за один проход рабочего органа в каждом горизонте вертикального почвенного профиля разную по величине и необходимую структуру.

Исследования показали, что сразу после очередного рыхления почвы начинается процесс её вторичного уплотнения. Анализ физико-механических свойств рыхления почв показал, что продолжительность последствий рыхления также зависит от примененного средства рыхления. В результате улучшение плотности пахотного слоя произошло на 23%, а подпахотного – на 18%. Так, скорость роста по времени общей плотности почвы во всех горизонтах вертикального профиля (или скорость пропорционального уменьшения по времени общей пористости почвы) была наибольшей при традиционном способе рыхления и наименьшей при рыхлении почвы структурообразователем.

Глубокое рыхление меняет строение подпахотного слоя дерново-подзолистых почв, уменьшает его плотность, увеличивает пористость, влагоёмкость и водопроницаемость. Влага распределяется в слое значительно большей мощности, интенсивность переувлажнения снижается, в подпахотном горизонте сохраняется значительная воздухоёмкость, больше, чем в естественном уплотненном состоянии. Избыток влаги не сбрасывается в виде верховодки, а просачивается к дренам. В разрыхленном подпахотном слое остается количество воды, соответствующее наименьшей влагоёмкости. Влага, которая аккумулируется в мощном разрыхленном подпахотном слое, в засушливые периоды используется растениями как резерв.

**Заключение.** Таким образом, чем больше глубина и лучшее качество разрыхления, тем больше дополнительная аккумулирующая ёмкость почвы, полнее перераспределение влаги, меньший дефицит влаги в засушливые периоды, и тем реже вступает в действие дренаж.

Наибольший прирост урожая получен при рыхлении структурообразователем в первый год последствия. Он составил 32,3% от контроля и обеспечил окупаемость рыхления в первый год последствия.

Проведенная биоэнергетическая оценка рыхления почвы разными способами показала, что из всех способов рыхления почвы наибольшие энергозатраты имеем при рыхлении структурообразователем, а наименьшие – при традиционном. Однако при этом одновременно получены следующие коэффициенты энергетической эффективности: при традиционном способе рыхления – 6,12, многоярусном – 7,05, а при рыхлении структурообразователем – 9,69. Итак, наибольший эффект все же достигается при рыхлении почвы структурообразователем. Это объясняется тем, что при этом способе имеем больший прирост урожая и длительным последствием (более трех лет).

Анализ показал, что рыхление почвы структурообразователем соответствует современным принципам адаптивного землепользования.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеева, Ю.С. Изменение водно-физических свойств почвы при использовании под культурные пастбища // Почвоведение. – № 11. – 1972.
2. Власенко, В.М. Экологические требования к почвообрабатываемым орудиям и посевным машинам // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – № 9. – 1993.
3. Качинский, Н.А. Оценка основных физических свойств почв в агрономических целях и природного плодородия их по механическому составу // Почвоведение. – 1958.
4. Коршиков, А.А. Глубокое рыхление почвы – надёжный приём накопления влаги / А.А. Коршиков, А.А. Михайлин // Земледелие. – № 5. – 2000.
5. Костяков, А.Н. Основы мелиорации. – М.: Сельхозиздат, 1960.
6. Кравець, С.В. Розробка і створення багатоярусних ґрунтозахисних безтраншейних укладачів різного призначення: дис. докт. техн. наук. – Рівне, 1998.
7. Ткачук, В.Ф. Експериментальні визначення граничних деформацій ґрунтових зразків при розпушуванні від розриву / В.Ф. Ткачук, О.П. Лук'ячук, А.А. Степанюк, О.В. Хижнюк // Вісник НУВГП – Вип. 3(31). – Рівне, 2005.
8. Ткачук, В.Ф. Агрометеоративні багатоярусні глибокорозпушувачі: монографія / В.Ф. Ткачук, О.П. Лук'ячук, О.П. Рижий – Рівне, 2011.
9. Чернёнок, В.Я. Глубокое рыхление осушаемых тяжёлых почв / В.Я. Чернёнок, Ш.И. Брусиловский. – М.: Колос, 1983.

Материал поступил в редакцию

STEPANIUC A.A. Improve meliorative condition of drained gleyed mineral soils of the Western Ukrainian Polissya ripper with replaceable radius of curvature

The proposed ripper can increase productivity and process efficiency of loosening due to: volumetric loosening; decrease energy intensity (tiered design of the array) quality control loosening by changing of geometrical parameters of the development of soil minimizing technogenic impact on the soil.

УДК 628.162.1

**Житенёв Б.Н., Гуринович А.Д., Житенёва Н.С.**

## ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ ВОДЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД КОМПЛЕКСНЫМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

**Введение.** Электрохимические методы очистки и обеззараживания воды в силу высокой эффективности, компактности широко привлекают внимание исследователей в области очистки воды [1–6].

В работе [1] отмечается, что в летнее время в условиях избытка биогенных элементов и при повышенных температурах в поверхностной воде природных источников происходит интенсивное размножение сине-зеленых водорослей (цианобактерии), которые синтезируют экстрацеллюлярные соединения, являющиеся нейро- и гепатотоксинами, они опасны для здоровья животных и человека при их присутствии в питьевой воде. В лабораторных экспериментах в качестве модельного вида цианобактерии использовались их типичные представители *Microcystis aeruginosa* [1], разрабатывалась методика их инактивации в электрохимическом процессе. Ячейка представляла собой проточную колонку 17/260 мм, внутренний цилиндр из графита являлся катодом, анод выполнялся из титана с напылением из  $RuO_2$  (обладал каталитической активностью), имел диаметр 5 мм и устанавливался коаксиально, ток до 10 мА/см<sup>2</sup>. В реакциях с электролитом генерировались  $OH$  и  $Cl_2$ , деструктирующие 1, их исходное содержание до  $4 \times 10^9$ /л, при экспозиции 52 мин эффективность инактивации – более 96%.

Работа [2] посвящена исследованию новой конструкции анода для электрохимической деструкции устойчивых и токсичных загрязнителей хлорорганических соединений. В лабораторных условиях разрабатывалась модификация такого процесса, которая заключалась в приготовлении более эффективного анода. В качестве подложки традиционно использовался титан, на котором осаждалась пленка  $TiO_2$ , отличие состояло в том, что формирование анода производилось не в растворе  $H_2SO_4$ , а с использованием четырехкомпонентной смеси, включавшей  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ ,  $H_2O_2$  и  $HF$ . В электрохимической системе с этим анодом происходило генерирование  $H_2O_2$ , в опытах источником УФ-излучения на волне 325 нм являлась ртутная лампа 8 Вт, модельный загрязнитель – 2,4,6-трихлорфенол, плотность тока – 50 мкА/см<sup>2</sup>, эффективность деструкции в оптимальном варианте – более 95%, скорость деструкции в 5 раз превышает значение при использовании обычного анода. В [3] предлагается технология с применением электрохимических процессов кондиционирования дренажных и сточных вод рудника перед закачкой стоков в скважину (узел обратной закачки). В процессе прямого электролиза дренажных и сточных вод рудника "Интернациональный" в их объеме происходит образование активных хлорных соединений, которые обеспечивают полную глубокую деструкцию (разложение) органических компонентов, входящих в состав исходных вод.

В [4] показана высокая эффективность фотоэлектрокаталитической деструкции красителей. Отмечается, что в грунтовые воды (ГВ) инфильтрировались окрашенные СВ. В экспериментах использовалась электрохимическая ячейка, анод выполнялся из графита, на который наносился слой катализатора в виде диоксида титана. Раствор модельных ГВ продувался воздухом и облучался УФ-радиацией

на волне 365 нм, модельным загрязнителем являлся метилоранж (МО) в концентрациях от 8 до 25 мг/л, мощность излучателя 125 Вт, содержание МО определялось фотометрически на волне 465 нм. Установлено, что при концентрации МО 8 мг/л, потенциале на электродах 1,5 В и экспозиции 60 мин МО удалялся на 80%.

В [5] предлагается обеззараживать воду в электрохимическом процессе с использованием анода с напылением в виде нанокристаллической пленки из искусственных алмазов, какие-либо химические реагенты при обеззараживании не применяются. Применение анода этого типа позволяет генерировать в приэлектродных реакциях озон,  $OH$  и другие активные агенты, инактивирующие и деструктирующие микроорганизмы; энергозатраты по сравнению с другими методами невысоки. Работа [6] посвящена электрохимической деструкции полиакриламида (ПАА). Отмечается, что (ПАА) широко применяется как флокулянт и обладает низкой способностью к биодеградации. В лабораторных условиях исследовалась возможность деструкции ПАА в электрохимическом процессе в ячейке, содержащей трехразмерную (объемную) электродную систему, которая представляла собой слой гранулированного активированного угля, в который погружались катод и анод в виде металлических пластин (оптимальная дистанция 50 мм), размер гранул – 3 (оптимум) и 5 мм. Установлено, что в ходе электролиза формировались  $H_2O_2$  и  $OH\cdot$  радикалы, деструктирующие ПАА, его исходная и конечная концентрации – 1623 и 64,3 мг/л при экспозиции 90 мин. С использованием только металлических электродов активность снижалась на 80%.

Для условий Республики Беларусь наиболее перспективным является применение электрохимических методов для подготовки технической воды из поверхностных источников, в частности для подпиток систем оборотного водоснабжения, обеспечения водой технологических процессов с небольшими потребностями воды. Как известно, воды поверхностных источников обладают повышенной цветностью из-за присутствия гуминовых веществ.

**Экспериментальные исследования.** Исследования, проведенные на модельных растворах сильноокрашенных гумусовых веществ, показали высокую эффективность электрохимического окисления на нерастворимых электродах для удаления как гуминовых, так и апокреновых кислот. Вместе с тем, использование электрокоагуляции для обезцвечивания вод региона требует повышенных расходов алюминия.

Поэтому с целью снижения затрат металлического алюминия на обработку единицы объема воды был разработан и исследован комплексный электрохимический метод обезцвечивания природных вод, включающий электрохимическое окисление на нерастворимых электродах с последующей электрокоагуляцией.

Опыты проводились на установке производительностью до 3 м<sup>3</sup>/сутки. Общий вид установки показан на рис. 1. Вода из бака поступала в устройство для электрохимического обезцвечивания,

**Житенев Борис Николаевич**, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

**Житенёва Наталья Сергеевна**, доцент кафедры начертательной геометрии и инженерной графики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

**Гуринович Анатолий Дмитриевич**, д.т.н., профессор кафедры экономики строительства Белорусского национального технического университета.

Беларусь, БНТУ, БНТУ, 220014, г. Минск, пр. Независимости, 150.