



УДК 665.662

## ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ДРЕНАЖНЫХ ВОД НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

### TECHNOLOGY OF PURIFICATION OF DRAINAGE WATER OF PETROCHEMICAL PRODUCTION

**Ергожин Едил Ергожаевич**

академик НАН РК, доктор химических наук, профессор,  
заведующий лабораторией ионообменных смол и мембран,  
генеральный директор,  
АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова»  
ics\_rk@mail.ru

**Чалов Тулеген Каменович**

доктор химических наук, профессор,  
главный научный сотрудник  
лаборатории ионообменных смол и мембран,  
АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова»  
chalov.45@mail.ru

**Прятко Елена Юрьевна**

главный технолог,  
ТОО «Мембранные технологии»  
pryatkoelena@mail.ru

**Ковригина Татьяна Васильевна**

кандидат химических наук, ассоциированный профессор,  
ведущий научный сотрудник лаборатории  
ионообменных смол и мембран,  
АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова»  
kovriginatat@mail.ru

**Мельников Евгений Александрович**

PhD, научный сотрудник  
лаборатории ионообменных смол и мембран,  
АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова»  
sebas273@mail.ru

**Аннотация.** В статье приведены данные по изготовлению пилотной обратноосмотической установки и проведению ее лабораторных испытаний на дренажной воде ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод». Показана эффективность предлагаемой технологической схемы очистки дренажной воды от нефтепродуктов, аммонийного азота, взвешенных веществ и других органических и неорганических примесей. На основании проведенных пилотных испытаний разработано техническое задание и предоставлены соответствующие рекомендации по повышению качества очищаемой воды вышеуказанного завода.

**Ключевые слова:** технологическая схема, пилотная обратноосмотическая установка, пробы дренажной воды, лабораторные испытания, жесткость воды, техническое задание, рекомендации по повышению качества воды.

**Ergozhin Edil Ergozhayevich**

Academician of National Academy  
of Sciences of the Republic of Kazakhstan,  
Doctor of chemical sciences, Professor,  
Head of the laboratory  
of ion exchange resins and membranes,  
General Director,  
JSC «A.B. Bekturov Institute  
of Chemical Sciences»  
ics\_rk@mail.ru

**Chalov Tulegen Kamenovich**

Doctor of chemical sciences, Professor,  
chief researcher of the laboratory  
of ion exchange resins and membranes  
JSC «A.B. Bekturov Institute  
of Chemical Sciences»  
chalov.45@mail.ru

**Pryatko Yelena Yuryevna**

Chief technologist,  
LLP «Membrane Technologies»  
pryatkoelena@mail.ru

**Kovrigina Tatyana Vasilyevna**

Candidate of chemical sciences,  
Associated Professor,  
leading researcher of the laboratory  
of ion exchange resins and membranes,  
JSC «A.B. Bekturov Institute  
of Chemical Sciences»  
kovriginatat@mail.ru

**Melnikov Yevgeniy Aleksandrovich**

PhD, researcher of the laboratory  
of ion exchange resins and membranes,  
JSC «A.B. Bekturov Institute  
of Chemical Sciences»  
sebas273@mail.ru

**Annotation.** The article presents data on the manufacture of a pilot reverse osmosis unit and its laboratory tests on drainage water of «Atyrau Refinery» LLP. The efficiency of the proposed technological scheme for purification of drainage water from oil products, ammonium nitrogen, suspended solids and other organic and inorganic impurities is shown. Based on the conducted pilot tests, the technical task has been developed and appropriate recommendations have been provided for improving the quality of the treated water at the above-mentioned plant.

**Keywords:** flow chart, pilot reverse osmosis unit, drainage water samples, laboratory tests, water hardness, technical specifications, recommendations for improving water quality.



## **В**ведение

Ужесточение требований, предъявляемых к охране окружающей среды, выдвигает в качестве приоритетного направления создание локальных систем переработки разных потоков дренажных вод [1, 2]. Они страдают от загрязнений продуктами нефтепереработки, деятельностью предприятий горнодобывающей промышленности, отходов полей фильтрации, шлакоаккумуляторов и отвалов металлургических заводов, свалок, животноводческих комплексов, канализационных стоков населенных пунктов. Из загрязняющих дренажные воды веществ преобладают: нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы (медь, цинк, свинец, кадмий, никель, ртуть), сульфаты, хлориды, соединения азота [3–5].

Повышенное внимание к проблемам окружающей среды начинает все больше определять необходимость создания материалов с заданными свойствами и разработки рациональной технологии, позволяющей получать их воспроизводимым способом в значительном количестве. Для этого целесообразно пользоваться системой фундаментальных физико-химических и технологических принципов, основанных на комплексе факторов, которые определяют минимум материальных, энергетических, трудовых затрат с учетом экологической безопасности производства.

Среди мембранных процессов, интенсивно развивающихся в последние годы, особое место занимают баромембранные – обратный осмос, ультра-, микро- и нанофильтрация. Это связано с их универсальностью и широким охватом сферы применения. Для них характерны такие особенности, как малая энергоемкость, простота аппаратного оформления, возможность проведения работ при температуре окружающей среды [6–7].

Наряду с традиционными мембранными технологиями, такими как диализ, электродиализ, обратный осмос, микро- и ультрафильтрация динамично развиваются такие направления как газоразделение, первопорация, нанофильтрация, мембранная абсорбция, мембранная дистилляция, синтезируются новые керамические и трековые мембраны. Широко развиваются и гибридные процессы, в которых сочетаются преимущества мембранных методов разделения (безреагентность, исключение фазовых переходов и применения растворителей, энергосбережение, экологическая чистота, низкие температуры, простота технологического оформления, сравнительно низкая стоимость) с другими известными технологиями для разделения, очистки, концентрирования и обезвреживания жидких и газообразных сред [8–10].

## **Цель**

Разработка технологической схемы очистки дренажных вод ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод» (ТОО «АНПЗ») для повторного использования с минимальным сбросом, что позволит улучшить экологию производства и снизить потребление воды.

## **Результаты и их обсуждение**

В результате проведенных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ нами совместно с ТОО «Мембранные технологии» разработана и изготовлена пилотная обратноосмотическая установка производительностью 700 л/ч для проведения испытаний по очистке дренажной воды ТОО «АНПЗ» (рис. 1) [11].



**Рисунок 1** – Общий вид пилотной обратноосмотической установки производительностью 700 л/ч



В процессе лабораторных испытаний были отработаны различные варианты технологической схемы очистки дренажной воды:

- а) с применением реагентов;
- б) безреагентная схема;
- в) двухступенчатая схема очистки с минимальным сбросом.

Для приготовления имитата дренажной воды ТОО «АНПЗ» с установки ЭЛОУ АТ-2 была привезена проба дренажной воды. Химический состав доставленной воды был определен в независимой сертифицированной испытательной лаборатории ТОО РНПИЦ «КАЗЭКОЛОГИЯ» (г. Алматы). Результаты проведенных лабораторных испытаний представлены в таблице. Видно, что обратноосмотическое опреснение дренажных вод позволяет получить воду, соответствующую требованиям, предъявляемым к качеству воды для технических целей на заводе.

**Таблица** – Химический состав дренажной воды до и после очистки

| Наименование показателей, ед. изм. | НД на методы испытаний   | Содержание веществ в пробах дренажной воды ТОО «АНПЗ» | Содержание веществ после очистки на обратноосмотической установке |
|------------------------------------|--------------------------|---|---|
| Водородный показатель (рН)         | ГОСТ 26449.2-85, п. 2    | 7,34  | 7,00  |
| Мутность, мг/л                     | СТ РК ИСО 7027-2007      | 49,9  | 0   |
| Кальций, мг/л                      | ГОСТ 26449.1-85, п. 18.1 | 148,30  | 10,00   |
| Магний, мг/л                       | ГОСТ 26449.1-85, п. 12   | 97,20   | 6,10  |
| Сухой остаток, мг/л                | ГОСТ 26449.1-85, п. 3    | 3324,1  | 321,18  |
| Натрий, мг/л                       | ГОСТ 26449.1-85, п. 17.1 | 622,85  | 58,57   |
| Калий, мг/л                        | ГОСТ 26449.1-85, п. 18.1 | 12,00   | 10,30   |
| Хлориды, мг/л                      | СТ РК 1496-2006          | 1349,70   | 115,50  |
| Сульфаты, мг/л                     | СТ РК 1015-2000          | 414,90  | 30,50   |
| Гидрокарбонаты, мг/л               | ГОСТ 26449.1-85, п. 7    | 219,70  | 6,10  |
| Азот аммонийный, мг/л              | ГОСТ 26449.1-85, п. 24   | 6,22  | 4,73  |
| Нитриты, мг/л                      | СТ РК 1963-2010          | н.о. (<0,003)   | 0,13  |
| Нитраты, мг/л                      | СТ РК 7890-3-2006        | 30,55   | 0,26  |
| Железо общее, мг/л                 | ГОСТ 26449.1-85, п. 16   | 2,58  | н.о. (<0,05)  |
| Фтор, мг/л                         | ГОСТ 4396-89             | 0,47  | 0,08  |
| Кремний, мг/л                      | ГОСТ 26449.1-85, п. 22   | 6,80  | 1,04  |
| Жесткость общая, мг-экв/л          | ГОСТ 26449.1-85, п. 10   | 15,40   | 1,00  |
| Окисляемость перман., мгО/л        | СТ РК 1498-2006          | 73,60   | 10,08   |
| Взвешенные вещества, мг/л          | СТ РК 2015-2010          | 546,0   | н.о. (<2)   |
| Нефтепродукты, мг/л                | ПНД Ф 14.1:2:4.128-98    | 227,05  | 0,215   |

Установлено, что применение реагентов (ингибиторов отложения минеральных солей) позволяет уменьшить сброс концентрата до 20 %. Применение двухступенчатой схемы опреснения позволяет еще более снизить потери воды.

Выбрана оптимальная схема очистки и режима эксплуатации и определены эксплуатационные параметры процесса очистки. Проведенные пилотные испытания показали, что опреснение дренажных вод для повторного использования в производственном цикле невозможно без предварительной очистки от взвесей, нефтепродуктов и т.п. Поэтому важное значение приобретает способ предварительной очистки. Нами разработана схема предварительной механической очистки дренажных вод перед опреснением. Данная схема включила в себя предварительное удаление нефтепродуктов и механических взвесей для пилотных испытаний применяли фильтры механической очистки на 130 мкм и 50 мкм, а также засыпные фильтры тонкой очистки и сорбционный фильтр.

Также для предварительной очистки рекомендовано применение флотационных установок, которые предназначены для удаления загрязнений (нефти, жиров, взвешенных веществ и т.п.) из сточных вод в системах очистки на основе метода напорной флотации. Основным преимуществом таких установок является совмещение флотационной и сепарационной камеры в одну с применением эффекта тонкослойного разделения фаз, что при значительном снижении габаритов и стоимости позво-



ляет достичь высокой степени очистки, характерной для многоступенчатых установок. Оригинальная конструкция камеры позволяет сочетать в себе методы флотации и пенной сепарации, что обеспечивает высокое качество очистки сточных вод со значительными входными загрязнениями. Флотационная установка имеет рециркуляционную схему очистки, позволяющую дополнительно повысить степень очистки сточных вод за счет многократного рецикла при проточной работе аппарата.

Для интенсификации процесса очистки также применяют реагентную флотацию. Для ускорения процессов седиментации во флотационные камеры подается коагулянт и флокулянт. Для выравнивания pH дозирующим насосом подается раствор NaOH (при необходимости). Для накопления флотошлама предназначен декантатор, в котором происходит разделение флотошлама на три составляющие: осадок, вода, флотопена. Декантированная вода поступает в голову очистных сооружений, осадок с помощью встроенного шнекового насоса поступает в шламонакопитель для дальнейшей утилизации.

Далее очищенная вода поступает на механические фильтры грубой очистки с рейтингом фильтрации 130 мкм, затем на фильтры тонкой очистки мешочного типа с рейтингом 5 мкм для финишной фильтрации и после этого на обратноосмотическую установку для опреснения. Применение двухступенчатой схемы опреснения позволит увеличить выход очищенной воды до 90 % от исходной дренажной воды.

Разработана технологическая схема очистки дренажных вод (рис. 2), а также технологическая схема очистки речной воды и, после биологической очистки с минимальным сбросом (рис. 3), потери воды составят не более 5 %.

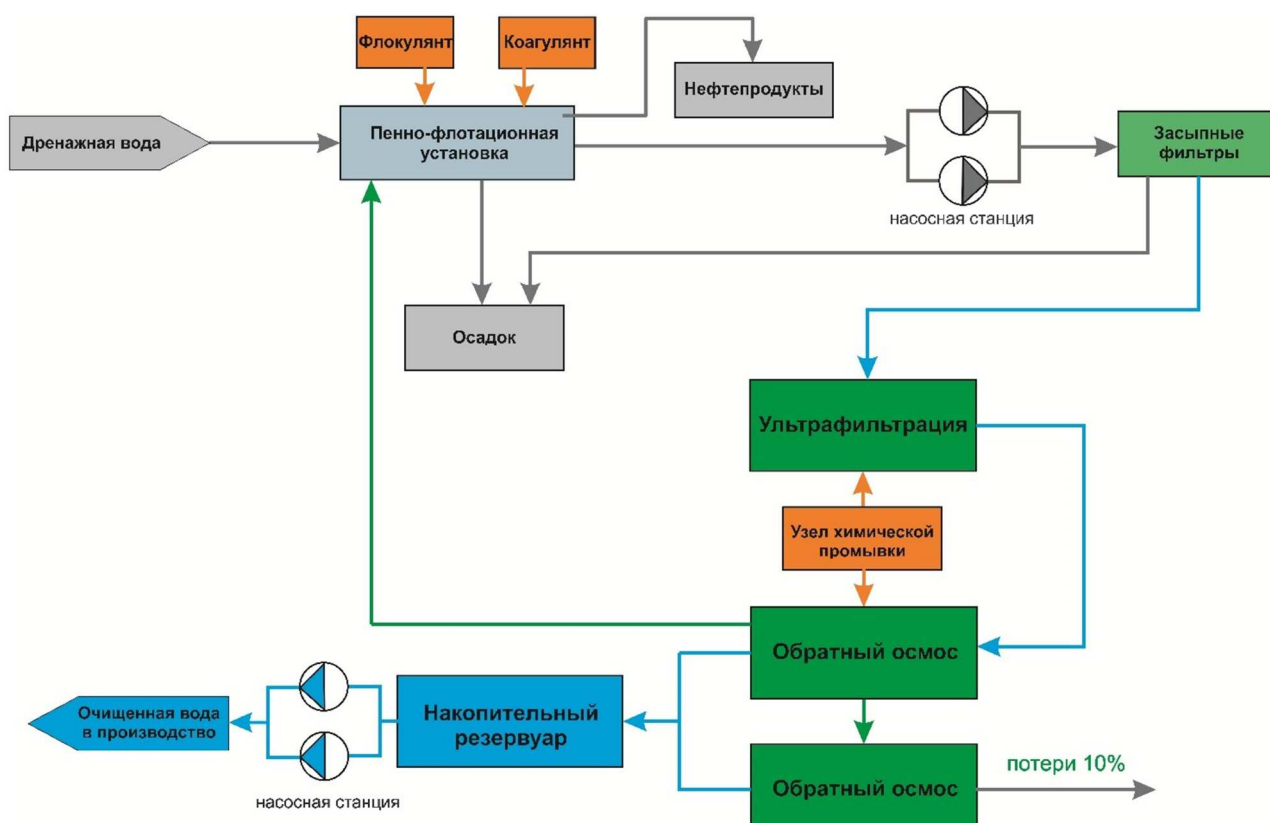


Рисунок 2 – Технологическая схема очистки дренажной воды ТОО «АНПЗ»

Таким образом, в результате проведенных исследований установлена высокая эффективность обратноосмотического опреснения дренажных вод, которое позволяет получить воду, соответствующую требованиям завода для технических целей. Выбрана оптимальная схема очистки воды, разработаны рекомендации и техническое задание на проектирование промышленной станции очистки дренажных вод ТОО «АНПЗ».

Работа выполнена по гранту Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан № AP05131439 на тему «Синтез и модификация наноструктурных ионообменных мембран и создание на их основе инновационных систем водоподготовки».

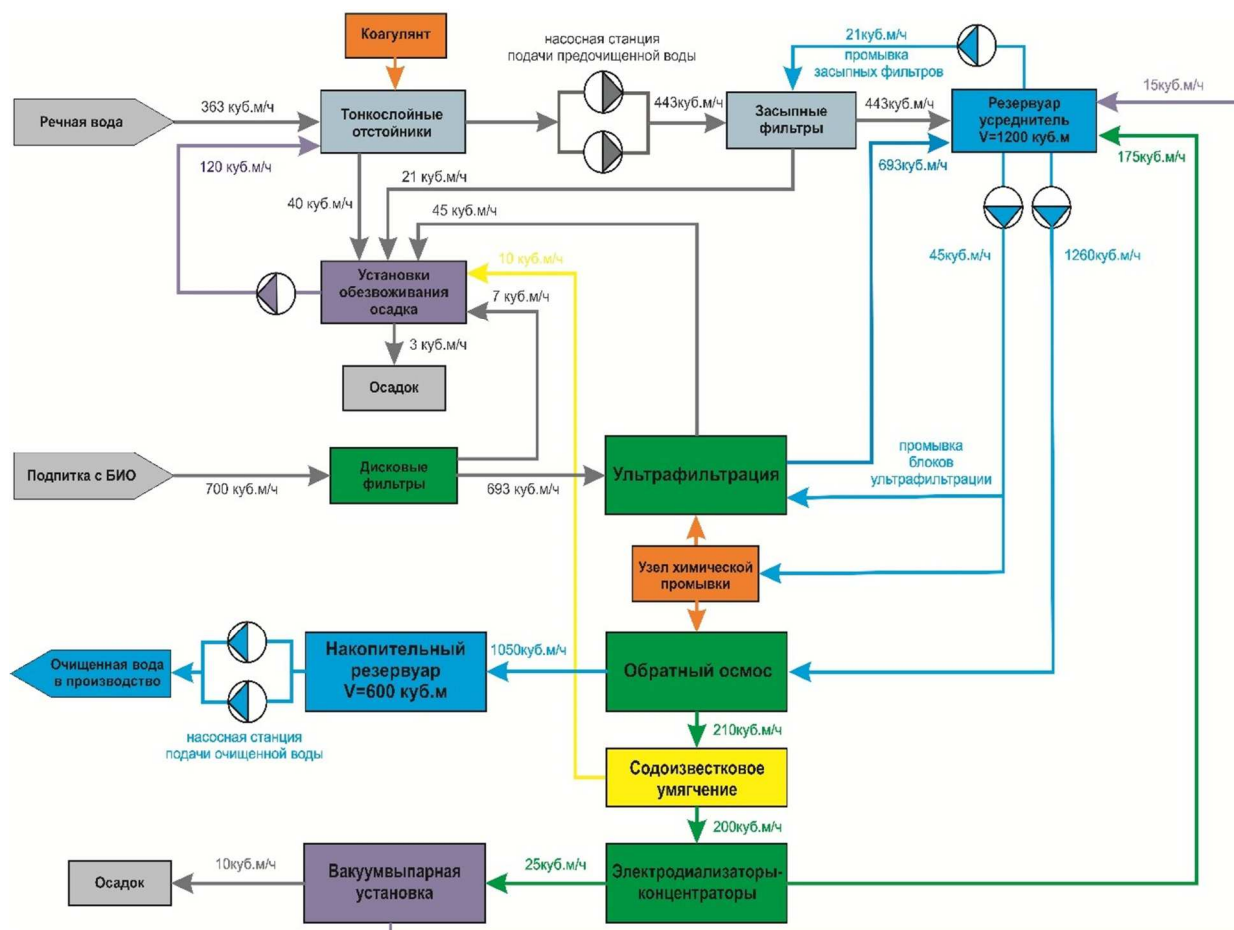


Рисунок 3 – Технологическая схема получения технической воды

**Литература:**

1. Ревво А.В., Студенок А.Г., Студенок Г.А. Оценка методов очистки сточных вод от соединений азота для дренажных вод горных предприятий // Известия Уральского государственного горного университета. – 2013. – № 2 (30). – С. 26–30.
2. Гончарук В.В. [и др.]. Предмембранная обработка дренажных вод свалок твердых бытовых отходов // Химия и технология воды. – 2007. – Т. 29. – № 1. – С. 42–54.
3. Изотов А.А., Ковердяев О.Н., Вершинина О.О. Способы снижения воздействия дренажных вод на окружающую среду в горнодобывающих районах // Горный журнал. – 2006. – № 10. – С. 103–106.
4. Гончарук В.В. [и др.]. Наночистота в предочистке дренажных вод свалок твердых бытовых отходов // Химия и технология воды. – 2007. – Т. 29. – № 2. – С. 182–194.
5. Хохряков А.В., Студенок А.Г., Студенок Г.А. Исследование процессов формирования химического загрязнения дренажных вод соединениями азота на примере карьера крупного горного предприятия // Известия УГГУ. – 2016. – Вып. 4 (44). – С. 35–37.
6. Балакина М.М. Эффективность домембранных методов очистки дренажных вод полигонов твердых бытовых отходов // Доп. НАН Украины. – 2011. – № 9. – С. 171–179.
7. Пятанова П.А., Адеева Л.Н. Поиск альтернативных источников сорбционных материалов в процессах извлечения эмульгированных нефтепродуктов // Вестник Омского университета. – 2016. – № 1. – С. 44–47.
8. Бейшекеев К.К., Калыбек уулу М. Электродиализ коллекторно-дренажных вод // Известия вузов. – 2014. – № 11. – С. 22–24.
9. Баландина А.Г. [и др.]. Аппаратурное оформление процесса очистки трудноокисляемых сточных вод // Башкирский химический журнал. – 2015. – Т. 22. – № 2. – С. 101–108.
10. Свиноренко С.А., Фадеева И.А. Разработка конструкции и компоновочных решений сорбционных фильтров для очистки дренажных и поверхностных вод // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 37. – С. 203–207.
11. Ергожин Е.Е. [и др.]. Безреагентная очистка сточных вод нефтехимического производства с минимальным сбросом // Вода: химия и экология. – 2018. – № 7-9. – С. 75–83.

**References:**

1. Revvo A.V., Studenok A.G., Studenok G.A. Assessment of the methods of the waste water treatment from the nitrogen compounds for the drainage waters of the mining enterprises // Izvestia, Ural State Mining University. – 2013. – № 2 (30). – P. 26–30.



2. Goncharuk V.V. [et al.]. The subject-membrane treatment of the drainage water of the solid waste landfills // Chemistry and water technology. – 2007. – Т. 29. – № 1. – P. 42–54.
3. Izotov A.A., Koverdyayev O.N., Vershinina O.O. Methods of the drainage water influence reduction on the environment in the mining areas // Mining Journal. – 2006. – № 10. – P. 103–106.
4. Goncharuk V.V. [et al.]. Nanofiltration in the pre-cleaning of the drainage water of the solid waste dumps // Chemistry and water technology. – 2007. – Т. 29. – № 2. – P. 182–194.
5. Khokhryakov A.V., Studenok A.G., Studenok G.A. Investigation of the chemical processes of the drainage water formation by the nitrogen compounds // Izvestia UGGU. – 2016. – Issue. 4 (44). – P. 35–37.
6. Balakina M.M. Efficiency of Membrane Methods of Solid Waste Disposal Drainage Water Treatment // Add. NAS of Ukraine. – 2011. – № 9. – P. 171–179.
7. Pyatanova P.A., Adeeva L.N. Search of alternative sources of sorption materials in the processes of extraction of emulsified oil products // Vestnik of Omsk University. – 2016. – № 1. – P. 44–47.
8. Beishekeev K.K., Kalybek uulu M. Electrodialysis of collector-drainage waters // Izvestia vuzov. – 2014. – № 11. – P. 22–24.
9. Balandina A.G. [et al.]. Equipment design of the process of treatment of hard-to-oxidize waste water // Bashkir Chemical Journal. – 2015. – Т. 22. – № 2. – P. 101–108.
10. Svinarenko S.A., Fadeeva I.A. Development of the design and layout solutions of the sorption filters for the drainage and surface water treatment // Gornyi information-analytical bulletin. – 2017. – № 37. – P. 203–207.
11. Ergozhin E.E. [et al.]. Reagent-free treatment of waste water of petrochemical production with minimum discharge // Water: chemistry and ecology. – 2018. – № 7-9. – P. 75–83.