

УДК 504.45

**В.Ю. Кориневская, к.г.н., Е.В. Соловьева**

*Одесский государственный экологический университет*

**А.И. Черой, к.г.н.**

*Дунайская гидрометеорологическая обсерватория*

## **ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ НА УЧАСТКЕ РЕКИ ДУНАЙ (ЗАТОН БАЗАРЧУК) В РЕЗУЛЬТАТЕ РАБОТЫ СУДОРЕМОНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Представлена характеристика эмиссионных потоков загрязняющих веществ, которые образуются в технологических процессах на предприятии. Проведена оценка качества воды в акватории предприятия. Исследованы изменения гидрохимических показателей реки Дунай в створах, расположенных выше и ниже по течению, с построением графических моделей качества воды.*

**Ключевые слова:** *загрязняющее вещество, плавдок, гидроствор, суммарный экологический коэффициент*

**Постановка проблемы в общем виде и её связь с важными научными и практическими задачами.** В современных условиях увеличения уровня загрязнения водных объектов, задача минимизации антропогенного воздействия и восстановления водных экосистем является особенно актуальной. Не является исключением и река Дунай, в дельте которой сформировались уникальные экосистемы, требующие охраны на государственном и международном уровнях. Важное народнохозяйственное значение реки обуславливает чрезвычайное разнообразие источников загрязнения, начиная с водного транспорта и заканчивая поверхностным стоком с сельскохозяйственных угодий. Интенсивная хозяйственная деятельность в бассейне Дуная является главным фактором формирования загрязнения воды в устьевой области, где располагается Дунайский биосферный заповедник. Кроме того, река и её устьевая область имеет важное рыбохозяйственное значение. Всё это обуславливает необходимость мониторинга и оценки воздействия источников загрязнения с целью оптимизации антропогенной нагрузки на данный водный объект.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Проблемам мониторинга загрязнения и оценки воздействия антропогенных источников на экологическое состояние водных объектов уделяется значительное внимание. Фундаментальные исследования в направлении оценки степени воздействия и уровня загрязнения водных объектов, трансформации загрязняющих веществ (ЗВ) вошли в книгу под общей редакцией А.В. Карашева «Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод» [1]. Исследована специфика образования сточных вод на судоремонтных предприятиях [2]. Некоторые аспекты оценки воздействия, оказываемого организованными источниками загрязнения, закреплены законодательно. Для предприятий, осуществляющих организованный сброс сточных вод, разрабатывается проект предельно допустимых сбросов (ПДС) ЗВ [3], который регламентирует воздействие предприятия на водный объект.

Исследования процессов формирования качества воды реки Дунай в условиях антропогенного влияния связаны, в основном, с оценкой воздействия гидротехнических сооружений, дноуглубительных работ, трансграничным переносом ЗВ и т.д. Целью данного исследования является оценка изменения качества (уровня загрязнения) воды на участке реки Дунай в результате работы конкретного судоремонтного предприятия – Вилковской ремонтно-эксплуатационной базы флота.

**Изложение основного материала исследования.** Ремонтно-эксплуатационные базы флота (РЭБФ) являются предприятиями, основной функцией которых является

транспортно-промышленная деятельность и техническая эксплуатация закрепленного за ними флота [4].

Вилковская РЭБФ является филиалом АСК «Укрречфлот» и занимается ремонтом и поддержанием эксплуатационной готовности флота Черноморско-Дунайского бассейна. Вилковская РЭБФ расположена в южной части г. Вилково в затоне Базарчук (река Дунай). Предприятие имеет в своем составе 3 дока грузоподъемностью 400, 800 и 1200 тонн, плавмастерскую, ремонтно-отстойный пункт и 5 производственных участков: механический, малярный, корпусно-сварочный, электромонтажный и деревообрабатывающий. Предприятие выполняет ремонт морских и речных судов длиной до 90 м, шириной до 16 м, осадкой до 3,4 м и водоизмещением до 2100 тонн. Среди основных видов ремонтных работ Вилковской РЭБФ – очистка и окраска судовых корпусов, замеры остаточных толщин обшивки, капитальный ремонт главных и вспомогательных двигателей, дизель-генераторов, ремонт гребных валов, винтов, балеров, судовых электрических механизмов, в т.ч. автоматических, ремонт судовых насосов, компрессоров и трубопроводов.

Док представляет собой специальное судно, предназначенное для подъёма судов с целью осмотра и ремонта подводной части [4].

В процессе докования судов в плавдоках Вилковская РЭБФ использует воду из реки Дунай, а отведение отработанной речной воды осуществляется в акваторию предприятия – затон Базарчук, который относится к водоёмам рыбохозяйственного назначения высшей категории.

Поступление ЗВ в воды затона Базарчук происходит двумя путями:

- 1) с отработанными водами из балластных цистерн плавдоков;
- 2) в результате смыва загрязнений, образующихся на внутренней поверхности плавдоков, при их погружении.

Городской санитарно-эпидемиологической станцией г. Вилково проводится отбор и анализ проб отработанной воды, поступающей в затон из трёх водовыпусков. Концентрации определяемых веществ в отработанных водах плавдоков представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Содержание определяемых веществ в отработанных водах плавдоков Вилковской РЭБФ (2009 г.), мг/дм<sup>3</sup>

Вещество	Плавдок № 9	Плавдоки № 17, 18	Плавдок № 20	Среднее
Взвешенные вещества	6,1	7,4	6,9	6,80
БПК <sub>п</sub>	1,9	2,1	2,3	2,10
ХПК	4,0	4,2	5,0	4,40
Азот аммонийный	0,12	0,18	0,18	0,160
Нитриты	0,032	0,023	0,020	0,0250
Нитраты	1,2	1,3	1,0	1,17
Хлориды	18	19	14	17,0
Сульфаты	37	35	36	36,0
Фосфаты	0,15	0,14	0,09	0,127
Железо общее	0,05	0,06	0,09	0,067
Нефтепродукты	0,060	0,014	0,017	0,0303

Для оценки изменения состава и свойств воды в процессе докования необходимо сравнить значения показателей до и после использования воды в плавдоках, однако такие наблюдения не проводились.

Нефтепродукты являются ЗВ, которые могут попадать в балластные цистерны в результате протечек с поверхности доков. По содержанию данных ЗВ в наибольшей мере загрязнены воды, поступающие от плавдока № 9.

Городской санитарно-эпидемиологической станцией г. Вилково проводятся наблюдения за химическим составом и свойствами воды в затоне Базарчук. Значений концентраций ЗВ и результаты оценки соответствия качества воды установленным нормам для рыбохозяйственных водных объектов [5, 6] представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Оценка качества воды затона Базарчук (2009 г.)

Лимитирующий признак вредности (ЛПВ)	Вещество	Концентрация $C_i$ , мг/дм <sup>3</sup>	Предельно допустимая концентрация $ПДК_i$ , мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{C_i}{ПДК_i}$	$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i}$
	Взвешенные вещества	10,1	-	-	-
	БПК <sub>п</sub>	2,9	3,0	0,97	
	ХПК	14,0	-	-	
Санитарно-токсикологический	Нитраты	3,2	40,0	0,08	0,53
	Хлориды	20,3	300,0	0,07	
	Сульфаты	38	100,0	0,38	
Токсикологический	Железо общее	0,075	0,10	0,75	1,20
	Нитриты	0,036	0,08	0,45	
Рыбохозяйственный	Нефтепродукты	0,039	0,05	0,78	-

Таким образом, качество воды в затоне Базарчук не соответствует требованиям, предъявляемым к водным объектам рыбохозяйственного назначения высшей категории по содержанию веществ с токсикологическим ЛПВ.

Для оценки воздействия предприятия на экологическое состояние водного объекта необходимо исследовать изменение гидрохимических показателей выше и ниже по течению. В качестве исследуемых гидрохимических показателей берутся такие, присутствие в воде которых может быть обусловлено технологическими процессами, которые происходят на предприятии – источнике загрязнения.

В случае плавдоков имеет место загрязнение их поверхности вследствие проведения различных технологических операций по ремонту и подготовке судов. При погружении плавдока происходит смыв поверхностных загрязнений и поступление ЗВ в водный объект. Исходя из набора технологических операций и задействованных материалов, можно определить основные ЗВ, образующиеся в результате работы РЭБФ (табл. 3).

На рис. 1 представлен вид акватории затона Базарчук. Характер взаимодействия вод затона и реки проявляется в изменении уровня режима на истоке затона, который определяется следующими факторами:

- 1) сгонно-нагонными явлениями, которые происходят вследствие изменения скорости и направления ветра в устье реки Дунай;
- 2) изменениями водности реки.

В условиях относительного стояния уровней гидрологический механизм взаимодействия затона и реки определяется сгонно-нагонными явлениями, происходящими в дельтовой области.

Наблюдения за гидрохимическими показателями воды реки Дунай проводятся Дунайской гидрометеорологической обсерваторией.

Таблица 3 – Технологические операции на Вилковской РЭБФ [4, 7]

№	Технологические операции	Вещества, загрязняющие водный объект
1	Сварка и резка металлов	взвешенные вещества, в том числе содержащие металлы – железо, цинк, медь, никель
2	Ремонт и очистка судовых механизмов и двигателей	нефтепродукты, технические растворы, которые могут содержать $Fe^{3+}$ , $Cu^{2+}$ , $Cr^{6+}$ , $Sn^{2+}$ , $Zn^{2+}$ ; HCl, NaOH, KOH
3	Очистка поверхности корпуса судна	взвешенные вещества, в том числе содержащие металлы (железо, никель, цинк, алюминий), остатки краски
4	Окраска поверхности корпуса судна	бензол и другие органические вещества, технические и окрасочные растворы, которые могут содержать $Cu^{2+}$ , $Hg^{2+}$ , $As^{3+}$

С целью исследования изменения качества воды под влиянием Вилковской РЭБФ, нами рассматриваются два гидроствора, расположенные в районе затона Базарчук на расстоянии 21 и 17 км от устья реки (рис. 2).



Рис. 1 – Спутниковый снимок акватории затона Базарчук.

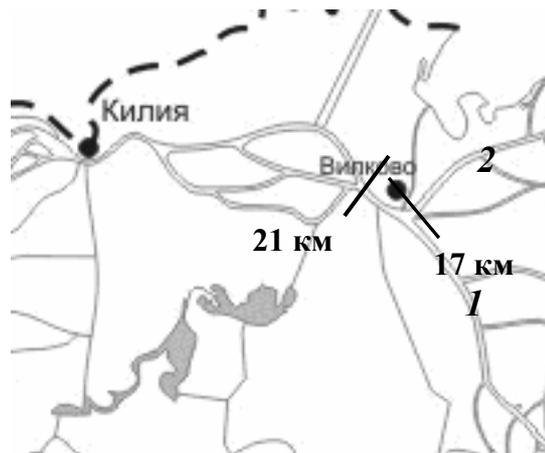


Рис. 2 – Схема расположения гидростворов:  
1 – Старостамбульский рукав  
2 – Очаковский рукав.

Первый гидроствор («21 км») расположен на Килийском рукаве выше по течению на расстоянии 375 м от входа в затон Базарчук. Второй гидроствор («17 км») располагается на Очаковском рукаве (в районе ответвления рукава Анкудинов) в 700 м ниже затона.

Распределение стока Килийского рукава ниже г. Вилково характеризуется следующими значениями: около 74 % стока переходит в Старостамбульский рукав, остальная часть (26 %) поступает в Очаковский рукав [8]. Это значит, что основная часть валового выброса (не концентраций) ЗВ, поступающих от Вилковской РЭБФ, будет, аналогично стоку, перенаправляться в Старостамбульский рукав.

Данная схема исследования воздействия Вилковской РЭБФ на гидрохимический состав воды реки Дунай имеет ряд недостатков, обусловленных следующими факторами:

- 1) несовершенство системы мониторинга на реке Дунай (различия во времени отбора проб, отсутствие данных);
- 2) изменение гидрохимического состава воды реки также происходит под воздействием поверхностного стока с урбанизированной территории – г. Вилково;
- 3) сложность гидрологических процессов взаимодействия вод затона и реки и связанные с этим трудности учёта данного фактора при исследовании изменения качества воды в гидростворах.

Отбор проб воды в гидростворах осуществляется один раз в месяц. Химический анализ проб воды проводят по следующим показателям: рН, жесткость, щёлочность, окисляемость, БПК<sub>5</sub>, ХПК, содержание взвешенных веществ, растворённого кислорода, азота аммонийного, азота нитратного и азот нитритного, общего и органического фосфора, фосфора фосфатов, сухого остатка, хлоридов сульфатов, гидрокарбонатов, кальция, магния, натрия и калия, кремния, нефтепродуктов, СПАВ, фенолов, диоксида углерода, железа, меди, марганца, цинка, хрома (VI).

В основу оценки изменения гидрохимического состава реки Дунай под воздействием Вилковской РЭБФ нами положен графический метод комплексной оценки качества поверхностных вод. Он основан на составлении графической модели качества поверхностных вод, которая представляет собой круговую диаграмму со шкалами-радиусами, соответствующими определённому гидрохимическому показателю. Цена деления каждого радиуса равна максимальному значению концентрации показателя, определяющему пригодность воды для определённого вида водопользования, т.е. предельно допустимой концентрации (ПДК) ЗВ в водном объекте. Графическая модель состоит из двух диаграмм, одна из которых представляет собой круг с единичным радиусом, а вторая – многоугольник с количеством вершин, равным числу гидрохимических показателей. Граница круга является границей экологического оптимума – т.е. такого экологического состояния водного объекта, когда содержание всех ЗВ не превышает ПДК. По мнению [9], многоугольник представляет собой антропогенное загрязнение, однако это не совсем верно и может иметь место только в случае конкретного набора ЗВ, присутствие в воде которых обусловлено исключительно антропогенной деятельностью человека.

На основании построенной диаграммы рассчитывается суммарный экологический коэффициент качества воды ( $K_{эко}$ )

$$K_{эко} = \frac{F_{\phi}}{F_{opt}}, \quad (1)$$

где  $F_{\phi}$  – площадь многоугольника, ограниченная фактическими значениями концентраций гидрохимических характеристик;

$F_{opt}$  – площадь круга – экологического оптимума [9].

Для оценки воздействия техногенного источника загрязнения на экологическое состояние водного объекта нами предлагается построение графических моделей качества воды в двух створах – выше и ниже по течению от источника – по определённому набору гидрохимических показателей. Ими являются ЗВ, поступающие от источника загрязнения.

Основываясь на информации о ЗВ, образующихся вследствие технологических операций на Вилковской РЭБФ (табл. 3), из набора гидрохимических показателей, по которым осуществляется мониторинг качества воды, нами выбраны такие, присутствие

в воде которых может быть обусловлено работой предприятия: взвешенные вещества, нефтепродукты, фенолы, СПАВ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{6+}$ . Кроме того, в качестве показателя, позволяющего определить влияние техногенного источника загрязнения, нами рассматривается отношение ХПК/БПК<sub>п</sub>, что позволяет судить о степени загрязнения водного объекта трудноокисляемыми («биологически жёсткими») органическими веществами техногенного генезиса. Как правило, в природных водах, при условии отсутствия влияния промышленных источников загрязнения, отношение  $\text{ХПК/БПК}_п \leq 2$ .

Значения концентраций ЗВ в двух гидростворах, расположенных выше и ниже по течению от Вилковской РЭБФ, представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Значения гидрохимических показателей в гидростворах «17 км» и «21км» (2009 г.)

Вещество	Концентрация в воде в районе гидроствора, мг/дм <sup>3</sup>		Норматив
	«21 км»	«17 км»	
Взвешенные вещества	104,7	76,1	90
ХПК/БПК <sub>п</sub>	10,7	9,92	2
Нефтепродукты	0,033	0,037	0,05
Фенолы	0,0017	0,0015	0,001
СПАВ	0,0050	0,0045	0,5
$\text{Fe}^{3+}$	0,068	0,072	0,1
$\text{Zn}^{2+}$	0,00929	0,01045	0,05
$\text{Cu}^{2+}$	0,00140	0,00168	0,005
$\text{Cr}^{6+}$	0,00745	0,00563	0,02

Сравнение концентраций ЗВ с ПДК позволяет заключить, что вода в реке Дунай по содержанию фенолов не соответствует требованиям, предъявляемым к водным объектам рыбохозяйственного назначения.

Из табл. 4 видно, что гидрохимический состав воды в районе гидроствора «17 км» характеризуется более высоким содержанием нефтепродуктов, железа, цинка и меди, по сравнению с «21 км». Это говорит о наличии источника эмиссии данных ЗВ, расположенного между двумя гидростворами. В качестве такого источника загрязнения вод реки Дунай может выступать Вилковская РЭБФ. Концентрация взвешенных веществ, фенолов, СПАВов и  $\text{Cr}^{6+}$ , а также отношение ХПК/БПК<sub>п</sub> в районе гидроствора «17 км» ниже, чем в районе гидроствора «21 км».

Сравнительная характеристика гидрохимического состава воды в затоне Базарчук (табл. 2) и в реке Дунай (табл. 4), позволяет заключить, что вода затона более загрязнена нефтепродуктами и  $\text{Fe}^{3+}$ . Обращает на себя внимание тот факт, что концентрация взвешенных веществ в воде затона на порядок меньше, чем в реке, что также подтверждается спутниковым снимком (рис. 1). Это объясняется более интенсивным турбулентным перемешиванием воды в реке. В затоне скорость течения воды близка к нулевой, поэтому тут преобладают процессы седиментации взвешенных веществ.

На основании данных о значениях гидрохимических показателей (табл. 4), построены графические модели качества воды в двух гидростворах – «17 км» и «21км» (рис. 3). Для задачи сравнительного анализа изменения качества воды в двух створах данный метод можно применять с допущением, что для некоторых веществ значение радиуса круга будет равняться 0,5 ПДК, поскольку конечной целью является сравнение полученных значений суммарного экологического коэффициента по диаграммам,

которые построены для двух створов по одинаковой схеме. Такими веществами являются те, содержание которых меньше 0,5 ПДК – это цинк, медь и хром. Поскольку концентрация СПАВ в створах ниже 0,01 ПДК, то данный гидрохимический показатель при построении диаграмм не учитывался.

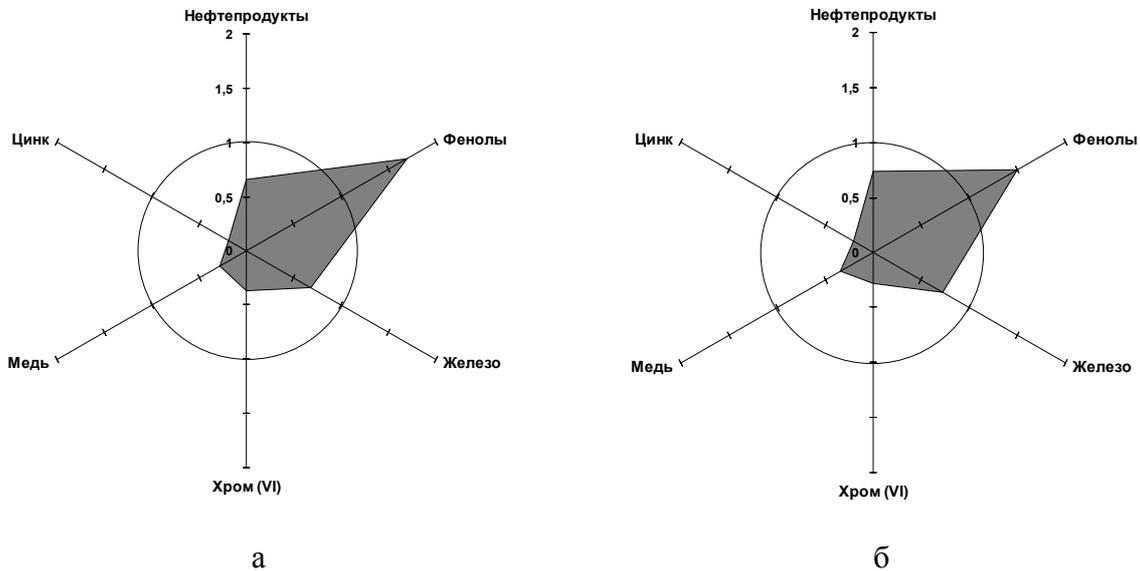


Рис. 3 – Графические модели качества воды в створе «21 км» (а) и «17 км» (б).

Сравнения полученных диаграмм и значений суммарных экологических коэффициентов дает возможность получить наглядное представление об изменении содержания как отдельных веществ, так и их комплекса, а также сделать вывод об изменении качества воды под воздействием антропогенных источников загрязнения.

По соотношению (1) рассчитан суммарный экологический коэффициент: для створа «21 км»  $K_{экр} = 0,42$ , для створа «17 км»  $K_{экр} = 0,40$ . Это говорит о том, что, несмотря на наличие техногенного воздействия, обусловленного работой Вилковской РЭБФ, качество воды (по комплексу рассматриваемых ЗВ) на участке «21 км» - «17 км» несколько улучшается. По полученным значениям  $K_{экр}$  степень загрязнения воды можно охарактеризовать как допустимую ( $K_{экр} < 1$ ).

Исходя из того, что критерием перехода от одного класса загрязнения к другому является изменение  $K_{экр}$  на единицу [9], то можно предположить, что допустимый характер изменения качества воды в результате техногенного воздействия описывается следующим соотношением

$$\Delta K_{экр} = K_{экр1} - K_{экр2} \leq 1, \quad (2)$$

где  $K_{экр1}$  и  $K_{экр2}$  – значения суммарных экологических коэффициентов для первого и второго гидростворов.

Если  $\Delta K_{экр} > 1$ , то на участке реки качество воды меняется значительным образом – недопустимый характер изменения качества воды.

В нашем случае  $\Delta K_{экр} = 0,02$ , что говорит о допустимом характере изменения качества воды на участке реки Дунай между гидростворами «21 км» и «17 км».

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований в данном направлении.**

Изучение технологических процессов, которые имеют место на судоремонтном предприятии, и набора образующихся ЗВ необходимо для оценки возможного влияния на качество воды водного объекта. Характер техногенного воздействия предприятия можно оценить по изменению качества воды в створах, расположенных выше и ниже по течению, используя при этом различные комплексные показатели качества. При анализе воздействия предприятия на экологическое состояние водного объекта необходимо учитывать особенности изменения производственной мощности предприятия и гидрологический режим реки в его акватории. Перспективным исследованием в данном направлении является изучение распространения загрязнения в зависимости от гидрологического режима реки Дунай на данном участке.

### **Список литературы**

1. *Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод* / Под ред. проф. А.В. Караушева. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 285 с.
2. *Бланк Ю.И., Дябло В.В.* Обратное водоснабжение на судоремонтных заводах. – М.: Транспорт, 1984. – 207 с.
3. *Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти зі зворотними водами: Затв. наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України 15.12.94 р. № 116.* – К., 1994. – 79 с.
4. *Курников А.С., Орехво В.А., Ефремов С.Ю.* Технология судоремонта: Курс лекций – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2008. – 240 с.
5. *ГосСанПиН 4630-88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения».* – М.: Минздрав СССР, 1988. – 69 с.
6. *Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов.* – М.: Минрыбхоз СССР, 1990. – 44 с.
7. *Никифоров В.Г.* Судоремонтные предприятия: экономика и управление. – М.: Транспорт, 1986. – 336 с.
8. *Гидрология дельты Дуная* // Под ред. Михайлова В.Н. – М.: ГЕОС, 2004. – 448 с.
9. *Игошин Н.И.* Проблемы восстановления малых рек и водоёмов. Гидроэкологические аспекты: Учебное пособие. – Харьков: Бурун Книга, 2009. – 240 с.

**Зміна якості води на ділянці річки Дунай (затон Базарчук) в результаті роботи судоремонтного підприємства. Кориневська В.Ю., Черой А.І., Соловійова К.В.**

*Представлена характеристика емісійних потоків забруднювальних речовин, які утворюються в технологічних процесах на судоремонтному підприємстві. Проведена оцінка якості води в акваторії підприємства. Досліджені зміни гідрохімічних показників річки Дунай у створах, розташованих вище та нижче за течією, з побудовою графічних моделей якості води.*

**Ключові слова:** забруднювальна речовина, плавдок, гідроствор, сумарний екологічний коефіцієнт.

**Change of the water quality on the part of the Danube river (Bazarchuk crawl) as a result of ship-repair enterprise working, Korinevskaya V., Cheroy A., Solovyova K.**

*Description of pollutants emission streams which generate in technological processes on a ship-repair enterprise is presented. The assesment of water quality in the enterprise aquatorium is conducted. The changes of hydrochemical marks of the Danuberiver in the control sections located up and down stream are investigated, with the construction of water quality graphic models.*

**Keywords:** pollutants, dock, control section, total environmental coefficient.