

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Брянский государственный аграрный университет»

Кафедра «Природообустройства и водопользования»

**Байдакова Е.В., Кровопускова В.Н.**

## **Методы восстановления нарушенных природных объектов**

Методические указания  
для практических занятий  
магистров очной и заочной форм обучения  
по направлениям: 20.04.02 Природообустройство и водопользование



Брянская область  
2019

УДК 574 (076)  
ББК 20.18  
Б 18

**Байдакова, Е. В.** Методы восстановления нарушенных природных объектов: методические указания для практических занятий магистров очной и заочной форм обучения по направлениям 20.04.02 Природообустройство и водопользование. / Е. В. Байдакова, В. Н. Кровопускова. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. – 66 с.

Даны методические рекомендации по курсу «Методы восстановления нарушенных природных объектов», предназначены для практических занятий магистров очной и заочной форм обучения по направлениям: 20.04.02 природообустройство и водопользование.

Рецензент к.т.н., доцент Безик В.А.

*Рекомендовано к изданию на заседании учебно-методической комиссии института энергетики и природопользования Брянского ГАУ, протокол №6 от «04» февраля 2019 года.*

© Брянский ГАУ, 2019  
© Байдакова Е.В., 2019

## ВВЕДЕНИЕ

Изменившийся благодаря человечеству «лик Земли» становится все чаще объектом тревожного анализа с позиции глобалистики. Один из первых примеров такого анализа – трактат Дж. Марша<sup>1</sup> – обратил внимание на необходимость разработки системы мер по противодействию отрицательным сторонам вызванных человеком изменений в природе Земли. Что произошло с биосферой за полтора столетия, минувших со дня появления этой книги, не является секретом ни для кого: различные проявления отрицательных антропогенных факторов описаны в десятках тысяч научных и публицистических работ, показавших, что биосфера и ее важнейшие компоненты понесли тяжелые утраты и получили подчас не поддающиеся лечению раны.

Изменение биосферных циклов вещества и энергии влечет за собой угрозу необратимого разрушения коренных экосистем и биосферы в целом (в России уже утрачена зона степей, на грани исчезновения находятся пойменные экосистемы европейской части страны). Планетарный климат претерпевает неблагоприятные изменения вследствие глобального потепления. Реальной перспективой загрязнения Мирового океана, разрушение его экологических систем и подтопление материков. В биосферу привнесена и увеличивается масса искусственно созданных и опасных для нее веществ. Налицо распространение радиоактивного загрязнения планеты. Многие виды важнейших минеральных ресурсов близки к исчерпанию. Уменьшается разнообразие экосистем Земли и биологических видов, что в ряде регионов привело к значительному оскудению флоры и фауны. Доля полностью нарушенных природных территорий Земли достигла 36,3 %. Резерв мало нарушенных территорий составляет лишь 27,0 % всей суши (безо льда и скал). Наконец, очень опасен социально-экономический фактор – усугубляющееся неравенство производства и потребления в развитых и развивающихся странах. «Золотой миллиард» претендует на овладение стратегиче-

---

<sup>1</sup> Марш, Дж. Человек и природа. Физическая география и ее изменения под влиянием человека. – Н.-Й., 1864.

скими ресурсами планеты и ведет себя очень агрессивно. Именно его намерениями вызваны в основном опасные крайности антиглобализма.

Но наряду с примерами вопиющего варварства в отношении природы (превращающейся во все более опасную «окружающую среду») в последние десятилетия человечество демонстрирует как примеры бережного, рачительного отношения к ее ресурсам, так и образцы восстановления полноценных экологических функций разрушенных ранее ландшафтов, включая восстановление биоразнообразия, почвенного покрова, гидрологической сети.

Наступил период обобщения этого положительного опыта в виде отдельного направления, которое может быть обозначено как *«восстановительное природопользование»*, или *«экология природовозрождения»*.

## **КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ОПК-7:** способностью обеспечивать высокое качество работы при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов природообустройства и водопользования, при проведении научно-исследовательских работ

**ПК-5:** способностью использовать знания водного и земельного законодательства и правил охраны водных и земельных ресурсов для проверки их соблюдения при водопользовании, землепользовании и обустройстве природной среды

**ПК-9:** способностью проводить поиск, получение, обработку и анализ данных полевых и лабораторных исследований, обследований, экспертизы и мониторинга объектов природообустройства, водопользования

**Практическая работа № 1**  
**РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ**  
**ПРИРОДНЫХ ВОД**

Цель работы

- 1) Определение интегральных показателей качества воды: общесанитарного (ИКВ) и гидрохимического (ИЗВ);
- 2) Определение экологического состояния водоема с помощью интегрального индекса экологического состояния.

Теоретическая часть

Качество воды водных объектов оценивается по физико-химическим, биологическим и микробиологическим показателям. Их анализ позволяет установить соответствие или несоответствие рассматриваемого водоема или водотока требованиям, предъявляемым водопользователями, согласно действующим законодательным актам Российской Федерации.

Качество воды (согласно ГОСТ 17.1.1.01-77) - это характеристика ее состава и свойств, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования; при этом критерии качества представляют собой признаки, по которым производится оценка качества воды.

Нормирование качества воды состоит в установлении для воды водного объекта совокупности допустимых значений показателей ее состава и свойств, в пределах которых надежно обеспечиваются здоровье населения, благоприятные условия водопользования и экологическое благополучие водного объекта.

Правила охраны поверхностных вод устанавливаются нормы качества воды водоемов и водотоков в зависимости от видов водопользования. Виды водопользования на водных объектах определяются органами Министерства природных ресурсов РФ и Государственного комитета РФ по охране окружающей среды.

Согласно статье 38 Водного кодекса РФ и исходя из условий предоставле-

ния водных объектов в пользование водопользование подразделяется на *совместное* и *обособленное* водопользование. По способу использования водных объектов водопользование подразделяется на:

- 1) водопользование с забором (изъятием) водных ресурсов из водных объектов при условии возврата воды в водные объекты;
- 2) водопользование с забором (изъятием) водных ресурсов из водных объектов без возврата воды в водные объекты;
- 3) водопользование без забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов.

В зависимости от целей использования воды виды водопользования на водных объектах делятся на:

- водоемы *питьевого и хозяйственно-бытового* (коммунально-бытового) назначения;
- водоемы *рыбохозяйственного* назначения.

К *питьевому* и *хозяйственно-бытовому* водопользованию относится использование водных объектов или их участков в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для снабжения предприятий пищевой промышленности, а так же для купания, занятия спортом и отдыха населения. В свою очередь *рыбохозяйственные* водные объекты могут относиться к одной из трех категорий:

- к *высшей категории* относят места расположения нерестилищ , массового нагула и зимовальных ям особо ценных видов рыб и других промысловых водных организмов , а также охранные зоны хозяйств любого типа для разведения и выращивания рыб, других водных животных и растений;
- к *первой категории* относят водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода;
- ко *второй категории* относят водные объекты , используемые для других рыбохозяйственных целей.

Классификация показателей воды. Для оценки качества воды Никаноровым

А.М. в соавторстве с В.П. Емельяновой разработана классификация гидрохимических показателей, согласно которой они делятся на 2 взаимосвязанные группы - *натуральные* и *относительные расчетные*.

*Натуральные* показатели - ингредиенты и показатели химического состава вод, определяемые аналитически. Эта обширная и неоднозначная группа показателей, делится на 3 вида: *дифференцированные*, *групповые* и *интегральные* показатели. *Дифференцированные* показатели характеризуют только одно из свойств, например: хлориды, сульфаты, ионы кальция и т.п. *Групповые* показатели несут в себе информацию о группах веществ (БПК, нефтепродукты, ХПК, фенолы). *Интегральные* показатели - показатели, характеризующие группу однородных свойств воды, обусловленных физико-химическими, биохимическими процессами. В эту группу входит, например, рН, растворенный в воде кислород, жесткость воды и др. При оценке качества воды натуральные показатели сравниваются с нормативными значениями. По другим источникам интегральные показатели - это вид оценок загрязненности и качества поверхностных вод, уплотняющих исходную информацию по широкому спектру наиболее информативных гидрохимических параметров, в том числе и различных по своим свойствам, с целью получения однозначной оценки.

В интегральных показателях соединены данные по разным ингредиентам химического состава воды и по ее физическим свойствам, которые затем выражены через одну скалярную величину. При этом ряд относительных показателей первого уровня объединены логическим условием или математическим выражением в показатель второго уровня, ряд показателей второго уровня объединяются затем в показатель третьего уровня и т.д. Показатели третьего и последующего уровней называют интегральными.

Классификация вторая - *по характеру отображаемой информации*. Все относительные показатели разделены А.М. Никаноровым на три вида:

*покомпонентные*, *групповые* и *комплексные*. *Покомпонентные* показатели - показатели, отражающие загрязненность воды отдельными ее компонентами (содержание хлоридов, содержание меди, содержание и т.п.). Они не дают пол-

ноценной оценки загрязненности воды. Этот вид показателей имеет низкий уровень обобщения информации (первый, реже второй). *Групповые* показатели производят оценку загрязненности (качества) воды по отдельным группам однородных химических веществ (по главным ионам, по биогенным соединениям и т.п.). Оценка, даваемая такими показателями, узконаправленна. *Комплексные* показатели производят оценку загрязненности (качества) воды по большому числу параметров, в том числе с учетом разнородных свойств воды. Примером комплексных показателей загрязненности (качества) воды могут являться КИЗВ и УКИЗВ.

Классификация третья - *по формам выражения*. Все относительные показатели подразделяются на коэффициенты, индексы, классификации.

Коэффициенты загрязненности воды - это комплексные оценки первого, реже второго уровня обобщения. К таким показателям относится, например, коэффициент загрязненности КЗ В.Р. Лозанского с соавторами.

Индекс загрязненности (качества) воды - это относительная числовая величина, количественно и однозначно характеризующая разнородную совокупность компонентов и соединений химического состава поверхностных вод. Они обобщают более широкие группы натуральных показателей, с большей степенью объективности, по сравнению с коэффициентами. Имея более сложную структуру, они обеспечивают адекватную оценку качества воды. К ним относится индекс качества воды (ИКВ) Гурария и Шайна. Рассмотрим расчет ИКВ подробнее.

Определение общесанитарного индекса качества воды.

В соответствии ГОСТ 27065-86 «Качество вод. Термины и определения» для характеристики воды используется комплексный показатель *индекс качества воды (ИКВ)*. *Общесанитарный* индекс качества воды является наиболее разработанным, строится на основании экспертных процедур и рассчитывается по формуле (1):



$$ИКВ \sum_{i=1}^p \gamma_i \cdot \omega_i \quad \text{при условии} \quad ; \sum \gamma_i = 1 \quad (1)$$

где  $\gamma_i$  - вес показателя, входящего в общесанитарный ИКВ;

$\omega_i$  – баллы (от 1 до 5), присваиваемые каждому показателю, входящему в общесанитарный ИКВ;  $p$  - показатели, входящие в общесанитарный ИКВ. Для его определения сначала проводится анализ проб воды, в котором устанавливаются величины показателей, затем проводится их балльная оценка с помощью таблицы 1, после чего определяется величина ИКВ по формуле (1).

Таблица 1 - Показатели для определения общесанитарного ИКВ

Показатели	Вес ( $\gamma$ )	Балл ( $\omega$ )				
		5	4	3	2	1
1	2	3	4	5	6	7
Коли-индекс	0,18	0 - 10 <sup>2</sup>	101 - 10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup> - 10 <sup>7</sup>	> 10 <sup>7</sup>
Запах, баллы	0,13	0	1-2	3	4	5
БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /л	0,12	<1	1,0-2,0	2,1-4,0	4,1-10,0	> 10
рН	0,10	6,5 - 8,0	6-6,5	5,0-6,0	4,0-5,0	<4,0
			8-8,5	8,5-9,5	9,5 - 10	>10
Растворенный кислород, мг О <sub>2</sub> /л	0,09	>8	8-6	6-4	4-2	<2
Цветность, град	0,09	<20	21-30	31-40	41-50	>50
Хлориды, мг/л	0,07	<200	200-350	351 -500	501 -700	>700
Сульфаты, мг/л	0,06	<250	250-500	501 -700	701 - 1000	> 1000
Взвешенные вещества, мг/л	0,08	< 10	10-20	21-50	51 - 100	> 100
Общая минерализация, мг/л	0,08	<500	500- 103	1001 - 1500	1501 - 2000	>2000

Качественное состояние воды водных объектов в зависимости от величины ИКВ определяют по таблице 2.

Таблица 2 - Классификация качества воды водоемов в зависимости от общесанитарного ИКВ

Качественное состояние воды	Значения ИКВ	Класс качества воды
1	2	3
Очень чистые	5,0	1
Чистые	4,1...4,9	2
Умеренно загрязненные	2,6...4,0	3
Загрязненные	1,6...2,5	4
Грязные	≤ 1,5	5

Определение гидрохимического индекса загрязнения воды ИЗВ.

Особенность гидрохимических показателей состоит в том, что они связаны с наличием в воде химических веществ, обычно растворенных. Они, как правило, не могут быть определены с помощью органов чувств. Поэтому нужны методы, позволяющие выявить наличие тех или иных химических веществ в воде и определить их содержание (концентрацию). Для этих целей можно использовать *гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ)*, установленный для водоемов хозяйственно-бытового и питьевого водопользования. Он является аддитивным показателем и представляет собой среднюю долю превышения ПДК по строго лимитированному числу индивидуальных ингредиентов и вычисляется по формуле (2):

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{\text{ПДК}_i} \quad (2)$$

где  $n$  - число показателей, используемых для расчета индекса;  $C_i$  - концентрация химического вещества в воде, мг/л;  $\text{ПДК}_i$  - предельно допустимая концентрация вещества в воде, мг/л.

При определении ИЗВ для водных объектов питьевого и хозяйственно- бытового видов водопользования расчет ведут по величине ПДК<sub>в</sub> для шести компонентов, имеющих наибольшую кратность превышения ( $C/ПДК_{в}$ ), т.е. n=6. В число шести основных, так называемых «лимитируемых» показателей, входят в обязательном порядке концентрация растворенного кислорода и значение БПК<sub>5</sub>. Расчет по БПК<sub>5</sub> и растворенному кислороду проводится на основе специальных норм, которые применяются в зависимости от значений биохимического потребление кислорода или содержания растворенного кислорода в воде (приведены в табл. 3).

Таблица 3 - Нормы содержания по БПК<sub>5</sub> и растворенному кислороду

Нормы по БПК <sub>5</sub>					
норма 1		норма 2		норма 3	
более 15 мг О <sub>2</sub> /л		3-15 мг О <sub>2</sub> /л		не более 3 мг О <sub>2</sub> /л	
Нормы содержания растворенного кислорода*, мг/л					
норма 6	норма 12	норма 20	норма 30	норма 40	норма 50
более 6	5-4	6-5	4-3	3-2	2-1

Примечание\*. При расчете нормированной величины значение БПК делится на соответствующую норму. При расчете нормированной величины норма делится на содержание кислорода.

Полученное расчетное значение ИЗВ соотносят к одному из 7 классов качества вода в зависимости от величины ИЗВ (табл. 4).

Таблица 4 - Классификация качества воды водоемов в зависимости от ИЗВ

Качественное состояние воды	Класс качества воды	Значения ИЗВ
Очень чистые	1	<0,2
Чистые	2	0,2-<1,0

Умеренно загрязненные	3	1,0-<2,0
Загрязненные	4	2,0 - 4<,0
Грязные	5	4,0 - <6,0
Очень грязные	6	6,0-<10,0
Чрезвычайно грязные	7	≥ 10,0

Грязные и чрезвычайно грязные воды (воды 6 и 7 классов) представляют собой по существу стоки промышленных предприятий. Высокая концентрация загрязняющих веществ в таких водах полностью подавляет самоочищающую способность рек и водоёмов.

### **Определение интегрального индекса экологического состояния**

Качество среды обитания человека, в том числе окружающей природной среды, оценивается системой совокупных требований: санитарногигиенических, рыбохозяйственных и общеэкологических. Показателем, с помощью которого можно оценить экологическое состояние природных вод, является интегральный индекс экологического состояния (ИИЭС), учитывающий наибольшее количество аспектов экологического состояния водоемов. Взаимодействие различных критериев оценки качества вод должно основываться на приоритете требований того водопользования, чьи критерии жестче. Например, если водный объект одновременно используется для питьевого и рыбохозяйственного назначения - требования к оценке качества вод могут ужесточаться (рыбохозяйственные и экологические).

Интегральный индекс экологического состояния (ИИЭС), вычисляемый по формуле:

$$\text{ИИЭС} = \frac{1}{n_b} \sum_{i=1}^{n_b} b_i \quad (3)$$

где  $n_b$  - количество показателей, используемых для расчета индекса;  $b_i$  - баллы (1 - 4), присвоенные каждому показателю в соответствии с табл. 5.

По табл. 5 и 6 можно провести балльную оценку для определения индекса ИИЭС и классификацию водных объектов по ИИЭС.

Таблица 5 - Балльная оценка показателей для определения ИИЭС водоемов

№	Показатель	Балл (Б)			
		1	2	3	4
1.	ПДК <sub>в</sub> , мг/л	<0,01	0,01...0,1	0,00...1	> 1
2.	Класс опасности в-ва	1	2	3	4
3.	ИКВ, баллы	<1,6	1,6...2,5	2,6...4	>4
4.	ИЗВ, баллы	>4,0	2,1...4,0	1,0...2,0	<1

Таблица 6 - Классификация водных объектов в зависимости от значения ИИЭС

Класс кач-ва объекта	Уровни нарушения	Экологическое состояние	Величина ИИЭС
I	Б	Экологическое бедствие	$\leq 1,69$
II	К	Экологический кризис	1,70...2,3,9
III	Р	Напряженная экологическая ситуация	2,40...2,99
IV	Н	Относительное экологическое благополучие	$\geq 3,0$

Экологическая обстановка может классифицироваться по возрастанию степени экологического неблагополучия следующим образом: относительно удовлетворительная; напряженная; кризисная (или зона чрезвычайной экологической ситуации); катастрофическая (или зона экологического бедствия) (подробная классификация приведена в практической работе 2). Граница между III-м и IV-м классами (табл. 6) соответствует *допустимой экологической нагрузке* (ДЭН), под которой понимают антропогенную нагрузку, которая не меняет качества окружающей природной среды или меняет ее в допустимых пределах, обеспечивая сохранение или повышение продуктивности сообщества

(его структурно-функциональной целостности). Имеет характер перспективного норматива, который может быть достигнут к определенному сроку, т.е. через заранее обусловленное время перейти в категорию текущих нормативов.

Граница между II-м и III-м классами соответствует предельно допустимой экологической нагрузке (ПДЭН) - максимальной интенсивности комплексного и комбинированного воздействия всей совокупности антропогенных факторов на сообщество, не приводящей к выходу экосистемы за пределы экологического резерва. Имеет характер текущего норматива, допустимого для оценки воздействия на сообщество в данном регионе в течение заранее оговоренного времени. Соответствует напряженной экологической обстановке.

Граница между I-м и II-м классами соответствует критической экологической нагрузке, т.е. интенсивности антропогенных факторов в окружающей среде, вызывающих статистически достоверные изменения в показателях структурно-функциональной организации популяции или сообщества, выходящие за пределы адаптационных возможностей биосистемы исторически сформировавшейся в конкретных изменяющихся условиях окружающей среды.

Катастрофической экологической обстановке (экологическому бедствию) соответствует антропогенная нагрузка, вызывающая устойчивое, необратимое отрицательное воздействие на природные популяции, сопровождающиеся их гибелью. Полученные данные (ИИЭС) являются основой для принятия решения в области природоохранной деятельности и выработки первоочередных мер по ликвидации экологического неблагополучия.

### **Порядок выполнения работы**

1. Определить общесанитарный индекс качества воды (ИКВ) в следующей последовательности: определить баллы, присваиваемые каждому показателю, входящему в ИКВ, используя данные таблиц 1 и 2; рассчитать показатель по формуле (1) и представить результаты расчетов в виде таблицы 7; проанализировать, какой из показателей дает наибольший вклад в ИКВ и каким способом можно его снизить.

2. Определить индекс загрязнения воды (ИЗВ) с учетом БПК<sub>5</sub> и O<sub>2</sub>. Для этого:

-рассчитать кратность превышения ( $C/ПДК_v$ ) для указанных веществ, используя данные таблиц приложения;

- выбрать шесть компонентов, имеющих наибольшую кратность превышения и рассчитать ИЗВ для выбранных компонентов по формуле (2);

- результаты расчетов представить в виде таблицы 8.

Таблица 7 - Определение общесанитарного индекса качества воды

Показатели	Вес ( $\gamma$ )	Величина показателя	Балл ( $\omega$ )	$\gamma \cdot \omega$
Коли-индекс	0,18			
Запах, баллы	0,13			
БПК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /л	0,12			
pH	0,10			
Растворенный кислород, мг O <sub>2</sub> /л	0,09			
Цветность, град	0,09			
Взвешенные вещества, мг/л	0,08			
Общая минерализация, мг/л	0,08			
Хлориды, мг/л	0,07			
Сульфаты, мг/л	0,06			
-				ИКВ

Таблица 8 - Индекс загрязнения воды

Загрязняющие вещества	Концентрация С , мг/л	ПДК <sub>v</sub> , мг/л	$C/ПДК_v$	Участвуют в расчете ИЗВ
				ИЗВ

По результатам анализа таблицы 8 определить качественное состояние воды, предложить меры по улучшению качества воды (предложить методы очистки от компонентов, вносящих основной вклад в загрязнение водоема).

3. Определить интегральный индекс экологического состояния (ИИЭС):

- провести балльную оценку величин ПДК<sub>в</sub> и класса опасности токсичных веществ, используя данные таблиц 8 и 5. Рассчитать среднеарифметические значения баллов. Результаты оформить в виде таблицы 9. Средние значения баллов внести в таблицу 10.

- провести балльную оценку рассчитанных ранее ИКВ и ИЗВ с помощью табл. 5. Результаты внести в таблицу 9.

- рассчитать интегральный индекс экологического состояния (ИИЭС) по формуле (3).

- сделать вывод об экологическом состоянии водоема (табл. 6) при многоцелевом использовании.

Таблица 9 - Балльная оценка ПДК<sub>в</sub> и класса опасности веществ

Загрязняющие вещества	ПДК <sub>в</sub> , мг/л	Баллы (b)	Класс опасности	Баллы (b)
-		Ср.	-	Ср.

Таблица 10 - Интегральный индекс экологического состояния

Показатели	Величина показателя	Баллы (b)
ПДК <sub>в</sub> , мг/л	-	
Класс опасности	-	
ИКВ, баллы		
ИЗВ, баллы		
-		ИИЭС



## Задание к работе

Река N используется на разных участках реки для питьевых и хозяйственно бытовых целей. Загрязнение воды может быть от различных промышленного и бытового источников. Необходимо определить экологическое состояние водоема для указанных видов водопользования, а также предложить способы решения возникающих проблем.

В табл. 11 приведены значения показателей для определения величины ИКВ. В табл. 12 и 13 приведены данные химического анализа воды по содержанию в ней токсичных веществ и справочные данные для определения величины ИЗВ.

Таблица 11 - Данные для расчета общесанитарного ИКВ

№ варианта	Показатели									
	коли-индекс	запах, баллы	БПК <sub>5</sub> мг. O <sub>2</sub> /л	pH	растворенный кислород, мг/л	цветность, град	взвешенные вещества, мг/л	общая минерализация, мг/л	хлориды, мг/л	сульфаты, мг/л
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	10 <sup>8</sup>	1,5	6	7	7,2	25	5	2100	600	400
2	100	2,0	7	5	6,7	35	30	2300	500	800
3	500	4	10	9	8,3	25	25	2900	700	600
4	10 <sup>5</sup>	3	11	8	6,6	45	65	1200	400	300
5	10	3	14	11	5,2	25	45	2300	800	800
6	10 <sup>4</sup>	2	13	7	4,6	25	100	1800	700	600
7	10 <sup>6</sup>	5	3	6	9,8	35	65	2400	500	1000
8	100	2	12	8	9,8	25	85	2000	400	1200
9	100	0	1,5	4	3,4	35	85	2200	400	1200
10	100	2	10	7	7,8	25	100	1200	700	1000
11	1	2	6	2	7,6	35	105	600	300	100

Продолжение таблицы 11

12	10 <sup>5</sup>	3	8	7	9,1	35	110	900	250	200
13	10 <sup>8</sup>	4	10	8	1,8	45	115	800	200	300
14	90	5	12	9	3,6	45	3	700	150	400
15	1	1,5	14	10	5,4	45	7	900	100	500
16	10 <sup>5</sup>	4	10	5	9,5	35	110	1600	300	600
17	10 <sup>7</sup>	5	8	8	9,4	25	15	1700	650	500
18	400	3	11	7	7,5	35	65	200	450	600
19	900	2	12	10	3,5	25	35	3000	750	700
20	100	5	10	8	8,2	25	45	2000	500	1000
21	10	4	4	12	7,1	25	55	2500	550	900
22	10 <sup>4</sup>	3	5	8	6,7	25	75	1800	550	450
23	10 <sup>6</sup>	1,5	2	5	1,5	35	75	2300	450	1100
24	10	1	5	5	3,5	25	85	2000	480	1200
25	10	1	0,5	3	5,5	35	95	2100	350	1300

Таблица 12 - Результаты химического анализа воды по содержанию в ней катионов и анионов загрязняющих веществ

№ вар-та	Концентрация С, мг/л								
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cr <sup>6+</sup>	NO <sub>3</sub>	Fe <sup>3+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2,5	0,13	80,0	0,1	0,001	0,05	0,35	0,005	0,2
2	3,03	0,12	71,0	0,2	0,0005	0,07	0,16	0,007	0,1
3	2,02	0,11	60,5	0,1	0,001	0,20	0,25	0,005	1,0
4	3,30	0,11	62,0	0,5	0,001	0,05	0,34	0,002	0,05
5	4,00	0,10	48,2	0,1	0,0005	0,05	0,33	0,002	0,5
6	3,21	0,12	25,1	0,2	0,0020	0,07	0,08	0,005	7,0
7	3,5	0,11	38,1	0,3	0,003	0,05	0,34	0,002	0,8
8	4,2	0,10	50,5	0,1	0,003	0,03	0,37	0,003	2,0
9	3,01	0,30	52,0	2,0	0,001	0,50	0,03	0,005	0,5
10	2,2	0,22	64,1	0,1	0,0005	0,05	0,05	0,002	0,5

Продолжение таблицы 12

11	1,75	0,05	80,0	0,6	0,001	0,30	0,31	0,05	1,5
12	2,05	0,10	71,0	0,2	0,002	0,05	0,25	0,03	1,0
13	1,85	0,05	60,5	0,15	0,001	0,10	0,10	0,07	0,5
14	1,77	0,02	50,5	0,3	0,001	0,03	0,48	0,02	1,0
15	1,28	0,03	62,0	1,6	0,001	0,25	0,36	0,03	0,5
16	3,80	0,06	48,2	0,1	0,001	0,07	0,22	0,005	0,2
17	2,70	0,08	25,1	0,2	0,0005	0,03	0,80	0,009	0,1
18	3,20	0,10	50,5	0,1	0,001	0,50	0,50	0,005	1,0
19	4,5	0,12	52,0	2,0	0,0015	0,05	0,31	0,002	2,0
20	4,02	0,15	64,1	0,1	0,001	0,30	0,25	0,002	0,05
21	3,40	0,25	80,0	0,25	0,0005	0,05	0,10	0,002	0,5
22	3,40	0,08	71,0	0,30	0,0020	0,10	0,48	0,005	7,0
23	3,02	0,10	60,5	0,05	0,003	0,03	0,36	0,003	2,0
24	2,70	0,12	50,5	0,04	0,001	0,25	0,39	0,005	0,5
25	2,90	0,18	62,0	0,08	0,0005	0,10	0,10	0,007	2,2

ПДК<sub>в</sub> и класс опасности загрязняющих веществ для расчета индексов ИЗВ и ИИЭС взять из Приложения 1.

В отчете представить задание, заполненные таблицы 7-10 и выводы по каждому пункту.

### Контрольные вопросы

1. Что такое качество воды?
2. Какие виды водопользования Вы знаете? Приведите классификацию.
3. Какими группами показателей характеризуется качество воды водоемов?
4. Как можно использовать воду и водоемы в зависимости от их качества?
5. Для каких видов водопользования устанавливаются ПДК веществ в воде?
6. Что такое индекс качества воды и как он рассчитывается?
7. Как классифицируются воды в зависимости от индекса качества воды?

8. Перечислите основные параметры, входящие в состав общесанитарного индекса качества воды, и методы их определения.
9. Что собой представляет гидрохимический ИЗВ? Приведите формулу.
10. Какие показатели входят в ИЗВ обязательно?
11. Дайте классификацию вод по индексу загрязнения воды.
12. Поясните, как определяется интегральный индекс экологического состояния.

### Список литературы

1. Расчет и оценка эколого-значимых параметров: учебно-методическое пособие / Е.И. Хабарова, И.А. Роздин, С.В. Никитина, С.В. Леонтьева. М.: МИТХТ, 2010. 64 с.
2. Оценка и нормирование качества природных вод: критерии, методы, существующие проблемы: учебно-методическое пособие / сост. О.В. Гагарина. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет». 2012. 199 с.
3. Медведева С.А., Тимофеева С.С. Экология техносферы: практикум. М.: ФОРУМ: ИНФРА- М, 2014. 200 с.
4. ГОСТ 17.1.1.01-77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения (с Изменениями N 1, 2) [Электронный ресурс] ИЗДАНИЕ с Изменениями N 1, 2, утвержденными в апреле 1983 г., октябре 1986 г. (ИУС 8-83, 1-87) Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-17-1-1-01-77>.

## Практическая работа №2

### ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД ДЛЯ ОПИСАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Цель работы: определение показателей химического загрязнения поверхностной исследуемой воды для оценки экологической обстановки.

#### Теоретическая часть

Законом Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» установлено, что «участки территории Российской Федерации, где в результате хозяйственной и иной деятельности происходят устойчивые отрицательные изменения в окружающей природной среде, угрожающие здоровью населения, состоянию естественных экологических систем, генетических фондов растений и животных», объявляются зонами *чрезвычайной экологической ситуации* (статья 58) и «участки территории Российской Федерации, где в результате хозяйственной либо иной деятельности произошли глубокие необратимые изменения окружающей природной среды, повлекшие за собой существенное ухудшение здоровья населения, нарушение природного равновесия, разрушение естественных экологических систем, деградацию флоры и фауны», объявляются зонами *экологического бедствия* (статья 59).

Экологическая обстановка может классифицироваться по возрастанию степени экологического неблагополучия следующим образом: относительно удовлетворительная; напряженная; кризисная (или зона чрезвычайной экологической ситуации); катастрофическая (или зона экологического бедствия).

Согласно ст.58 и ст.59 закона «Об охране окружающей среды», оценка степени экологического неблагополучия территорий (акваторий) проводится по признакам, приведенным в таблице ниже.

Таблица 13 - Признаки территорий крайних степеней экологического неблагополучия

Положение	Степень экологического неблагополучия	
	экологическое бедствие	экологический кризис
Окружающая природная среда	Глубокие необратимые изменения	Устойчивые отрицательные изменения
Здоровье населения	Существенное ухудшение здоровья населения	Угроза здоровья населения
Естественные экосистемы	Разрушение естественных экосистем (нарушение природного равновесия, деградация флоры и фауны, потеря генофонда)	Устойчивые отрицательные изменения состояния естественных экосистем (уменьшение числа видов или их исчезновение)

Приведенные выше признаки позволяют рассматривать экологически неблагополучную ситуацию на территории как свершившееся бедствие по ст. 59, или как надвигающуюся угрозу по ст. 58 закона «Об охране окружающей среды».

Для характеристики загрязнения водного объекта зон экологического бедствия и экологического кризиса используют формализованный суммарный показатель химического загрязнения вод (ПХЗ-10). Суммарный показатель химического загрязнения вод ПХЗ-10 рассчитывается по десяти соединениям, *максимально превышающим ПДК<sub>рх</sub>* с использованием формулы суммирования воздействий:

$$\text{ПХЗ-10} = \left( \frac{c_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{c_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{c_{10}}{\text{ПДК}_{10}} \right) \quad (4)$$

где  $\text{ПДК}_i$  - рыбохозяйственные нормативы;  $C_i$  - концентрация химических веществ в воде.

При определении ПХЗ-10 для химических веществ, по которым «отно-

сительно удовлетворительный» уровень загрязнения вод определяется как их «отсутствие», отношение  $C/ПДК_i$  условно принимается равным 1.

Для установления ПХЗ-10 рекомендуется проводить анализ воды по максимально возможному числу показателей.

Для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия при оценке качества поверхностных вод используются и биологические и химические показатели, которые разделяются на основные и дополнительные (табл. 14).

Таблица 14 - Критерии оценки степени химического загрязнения  
поверхностных вод

Показатели	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительное
1	2	3	4
Основные показатели			
Химические вещества 1-2 класс опасности, ПДК	Более 10	5-10	1-5
Химические вещества 3-4 класс опасности, ПДК	Более 100	50-100	1-50
ПХЗ-10 1-2 кл. оп.	Более 80	35-80	1
ПХЗ-10 3-4 кл. оп.	Более 500	500	10
Дополнительные показатели			
Запахи, привкусы, балл	Более 4	2-4	Менее 2
Плавающие примеси: Нефть и нефтепродукты	Пленка темной окраски, о занимают 2/3 обозримой площади	Яркие полосы или тусклая окраска пятен	отсутствие
ХПК, мг O <sub>2</sub> /л	20-30	10-20	Менее 20
Растворенный O <sub>2</sub> , % насыщения	10-20	20-50	Более 50

Биогенные вещества: Нитриты NO <sub>2</sub> , ПДК	Более 10	Более 5	Менее 1
Нитраты NO <sub>3</sub> , ПДК	Более 20	Более 10	Менее 1
Соли аммония, ПДК	Более 10	Более 5	Менее 1
Фосфаты (PO <sub>4</sub> ), мг/	Более 0,5	0,3- 0,5	Менее 0,05
Минерализация, мг/л (превыше- ние рег. уровня)	3-5	2-3	Региональный уровень
КДА	Более 40	30-40	10-30
КН	Более 50	40-50	10-40

Заключение о степени неблагополучия системы может быть сделано на базе одного из основных показателей при стабильном сохранении остальных показателей. В дополнительные характеристики водных объектов включены показатели, учитывающие способность загрязняющих веществ накапливаться в донных отложениях и в гидробионтах.

КДА (коэффициент донной аккумуляции) определяют по формуле (5):

$$КДА = C_{до} / C_{вода} \quad (5)$$

где  $C_{до}$  - концентрация в водных отложениях;  $C_{вода}$  - концентрация в воде.

Определение Кн (коэффициент накопления в гидробионтах) ведут с помощью формулы (6):

$$КН = C_{гидробионта} / C_{вода} \quad (6)$$

где  $C_{гидробионт}$  - концентрация в гидробионтах;  $C_{вода}$  - концентрация в воде.

В 1997 г. опубликованы методические рекомендации Минздрава РФ «Комплексная гигиеническая оценка степени напряженности медико-экологической



ситуации различных территорий, обусловленной загрязнением токсикантами среды обитания населения», в которой при оценке медико-экологической ситуации для характеристики питьевой воды, состояния водных объектов хозяйственно-питьевого и рекреационного назначения используется ПХЗ-10. Однако в рекомендациях Министерства здравоохранения РФ оценка загрязненности воды осуществляется с привлечением еще одного комплексного показателя - ИЗВ (табл. 15).

Таблица 15 -Оценка степени напряженности медико-экологической ситуации по степени загрязненности питьевой воды и водных объектов хозяйственно-питьевого и рекреационного водопользования

Показатели	Медико-экологическая ситуация				
	удовлетворительная	отн. напряженная	существенно Напряженная	критическая	катастрофическая
ИЗВ	до 1	до 3,9	4-6	6,1-10	> 10
ПХЗ- 10 1-2-го кл. опасности	до 10	до 20	21-35	36-80	> 80
ПХЗ-10 для в-в 3-4- го кл. опасности	до 10	до 50	50-100	100-500	>500

Несмотря на то, что оценка качества воды производится для водных объектов хозяйственно-питьевого и рекреационного назначения, при расчетах ИЗВ и ПХЗ-10 берутся самые жесткие ПДК - рыбохозяйственные. В 2002 году вводится в действие Руководящий документ (далее РД) 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям», где для обобщения информации о химическом составе вод предложен алгоритм расчета комбинаторного индекса загрязненности воды

(КИЗВ) и удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ). Методика расчета данных показателей, как и в случае с ИЗВ, разрабатывалась Гидрохимическим институтом (ГХИ) Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).

Поскольку расчет данных показателей качества воды в отличие от ИЗВ включает, кроме определения кратности превышения ПДК еще и определение повторяемости случаев превышения нормативных значений, КИЗВ и УКИЗВ как более точно отражающие ситуацию с качеством воды на сегодняшний день становятся приоритетными при оценке степени загрязненности (качества) вод. Сведения о загрязненности поверхностных вод России по величине УКИЗВ публикуются каждый год в Государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды РФ» в разделе «Поверхностные воды. Общая оценка загрязненности водных объектов» и в Ежегоднике качества поверхностных вод РФ.

Согласно выше указанному документу для каждого загрязняющего вещества (ЗВ) рассчитываются баллы кратности превышений ПДК ( $K_i$ ):

$$K_i = C_i \quad (7)$$

$$\text{Повторяемость случаев превышения } (H_i): H_i = N_i \quad (8)$$

$$\text{Общий оценочный балл } (B_i): B_i = K_i \times N_i \quad (9)$$

где  $C_i$  – концентрация<sub>*i*</sub> - число случаев превышения ПДК,  $N$ - общее число анализов.

Вещества, для которых  $B_i$ , больше или равно 1, выделяются как лимитирующие показатели загрязненности (ЛПЗ). Комбинаторный индекс загрязненности рассчитывается как сумма обоих оценочных баллов всех ЗВ. По таблице ниже, исходя из комбинаторного индекса загрязненности, устанавливается класс загрязненности воды.

Таблица 16 - Классификация загрязненности воды водных объектов

Величина КИЗВ	Класс загрязненности воды				
	I	II	III	IV	V
	условно- чистая	слабо- загрязненная	загрязненная	грязная	экстремально- грязная
1	2	3	4	5	6
0 ЛПЗ	<1	1-2	2,1-4,0	4,1-10	>10
1 ЛПЗ	<0,9	0,9-1,8	1,9-3,6	3,7-9,0	>9,0
2 ЛПЗ	<0,8	0,8-1,6	1,7-3,2	3,3-8,0	>8,0
3 ЛПЗ	<0,7	0,7-1,4	1,5-2,8	2,9-7,0	>7,0
4 ЛПЗ	<0,6	0,6-1,2	1,3-2,4	2,5-6,0	>6,0
5 ЛПЗ	0,5	0,5-1,0	1,1-2, 0	2,1-5,0	>5,0

В последние годы, в связи с необходимостью расчета нормативов допустимого воздействия на водные объекты (см. Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты за 2007 г. (далее - Методические указания по разработке НДВВ) и в связи с разработкой схем комплексного использования и охраны водных объектов (см. Методические указания по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов за 2007 г.), в официальной литературе появился термин «целевые показатели качества воды». Об установлении целевых показателей качества воды в связи с разработкой схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) упоминается и в ст. 33, 35 Водного кодекса Российской Федерации.

Использование целевых показателей качества воды вызвано необходимостью определения качества воды в тех водных объектах, «которые в результате человеческой деятельности подверглись физическим изменениям, приведшим к существенному изменению их основных характеристик (гидрологических, морфометрических, гидрохимических и др.), и восстановление исходного природного состояния которых невозможно». Там же приводятся следующие усло-

вия установления этих показателей качества вод: «целевые показатели качества воды (ЦПКВ), характеризующие состав и концентрацию химических веществ, микроорганизмов и другие показатели качества воды в водных объектах, устанавливаются с учетом природных особенностей бассейна, условий целевого использования водных объектов, современного состояния водного объекта и должны поддерживаться в течение определенного временного интервала или быть достигнуты по завершении предусмотренных схемой комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) водоохранных и водохозяйственных мероприятий».

С.Д. Беляев предложил различать долгосрочные (со сроком достижения 15-25 лет) и краткосрочные (со сроком достижения 3 года) целевые показатели. При этом долгосрочные целевые показатели качества воды (ДЦП) устанавливаются исходя из показателей состояния водного объекта того же типа, неподверженного (подверженного незначительно) антропогенной нагрузке, с учетом их достижимости в рамках сложившихся неустраняемых видов водопользования. К неустраняемым относятся такие виды водопользования, которые изменяют естественное состояние водного объекта, но отказ от которых приведет к неоправданным экономическим и (или) социальным издержкам. К неустраняемым видам водопользования не относится сброс загрязненных сточных вод в водные объекты»: например, безвозвратное водопотребление на нужды отраслей хозяйства (особенно на орошение). В список физико-химических ДЦП в качестве обязательных попадают рН, БПК, ХПК, биогены, тяжелые металлы и др. загрязняющие вещества, поступление которых в водные объекты связано с текущей (или планируемой) хозяйственной деятельностью. Предпочтение отдается интегральным показателям качества воды.

Значение ДЦП для веществ природного происхождения устанавливаются следующим образом:

- на основе наблюдения за современным состоянием водного объекта- аналога в период отсутствия или незначительной антропогенной деятельности;

- на основе ретроспективного анализа данных по водному объекту в период отсутствия или незначительного антропогенного воздействия;

- на основе расчетов (определение регионального природного фона) либо на основании экспертных оценок.

### Практическая часть

1. Выписываются реальные результаты анализа природной воды по всем веществам 1-2 классов опасности и 3-4 классов опасности (варианты выдаются преподавателем).

2. Сравниваются показатели качества исследуемой воды ( $C_i$ ) с нормативами вод рыбохозяйственного назначения ( $ПДК_i$ ), табл. 17.

3. По формуле 1 для десяти веществ 1-2 класса опасности с самой большой величиной  $C_i/ПДК_i$  определяется показатель ПХЗ-10, который сравнивается с нормативной величиной, табл. 12.

4. По величине  $ПХЗ-10_{1-2\text{кл.оп.}}$  оценивается степень загрязнения водоёма химическими веществами 1-2 класса опасности: *«экологическое бедствие»* или *«чрезвычайная экологическая ситуация»*.

5. По формуле 1 для десяти веществ 3-4 класса опасности с самой большой величиной  $C_i/ПДК_i$  определяется показатель ПХЗ-10, который сравнивается с нормативной величиной, табл. 12. По величине  $ПХЗ-10_{3-4\text{кл.оп.}}$  оценивается степень загрязнения водоёма химическими веществами 3-4 класса опасности: *«экологическое бедствие»* или *«чрезвычайная экологическая ситуация»*.

6. За результирующее состояние исследуемого поверхностного водоёма принимается самое опасное по показателю ПХЗ-10.

7. Результаты расчетов представить в виде табл. 18 и 19.

8. Провести расчет ПХЗ-10 и ИЗВ для каждого года и сравнить, как изменился уровень загрязнения за год.

Таблица 17 - Загрязнители природных вод для расчета ПХЗ-10

№ п/п	Вещество	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	2014 С <sub>1</sub> мг/дм <sup>3</sup>	2015 С <sub>2</sub> мг/дм <sup>3</sup>	ЛПВ	Класс опасности
1	2	3	4	5	6	7
1	Алюминий Al	0,04			токс	4
2	Аммиак NH <sub>3</sub> *nH <sub>2</sub> O	0,05			токс	4
3	Аммоний-ион NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,5			токс	4
4	Барий Ba	0,74			токс	4
5	Бензол С <sub>6</sub> Н <sub>6</sub>	0,5			токс	4
6	Бериллий Be	0,0003			токс	2
7	Бор (ионные формы)	0,5			сан	4
8	Борная кислота Н <sub>3</sub> В0 <sub>3</sub>	2,86 по в-ву			сан	3
9	Бромбензол С <sub>6</sub> Н <sub>5</sub> Br	0,0001			токс	2
10	Бромид-анион Br <sup>-</sup>	1,35			сан	4
11	Ванадий V	0,001			токс	3
12	Винилхлорид С <sub>2</sub> Н <sub>3</sub> Cl	Отсут.(0,000008)			токс	1
13	Гексан С <sub>6</sub> Н <sub>14</sub>	0,5			токс	3
14	ДДТ С <sub>14</sub> Н <sub>9</sub> Cl <sub>5</sub>	Отсут. (0,00001)			токс	1
15	Дибутиловый эфир С <sub>8</sub> Н <sub>18</sub> О	0,002			токс	2
16	Диметилкетазин (ацетона- зин) С <sub>6</sub> Н <sub>12</sub> Н <sub>2</sub>	0,01			токс	1
17	Железо Fe	0,1			токс	4
18	Иодид-анион I	0,4			токс	4
19	Кадмий Cd	0,005			токс	2
20	Калий K	50			сан-токс	4э
21	Кальций Ca	180			сан-токс	4э
22	Кобальт Co	0,01			токс	3
23	Литий Li	0,08			токс	4
24	Магний Mg	40			сан-токс	4
25	Марганец двухвал. Mn <sup>2+</sup>	0,01			сан-токс	4
26	Медь Cu	0,001			токс	3
27	Молибден Mo	0,001			токс	2

28	Мышьяк	0,05			токс	3
29	Натрий Na	120			сан-токс	4э
30	Нефтепродукты	0,05			токс	3
31	Никель Ni	0,01			токс	3
32	Нитрат-анион NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	40			токс	4э
33	Нитрат-анион NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,08			токс	4э
34	Ртуть хлорид (II), сулема HgCl <sub>2</sub>	Отсут. (0,00001)			токс	1
35	Ртуть Hg	Отсут. (0,00001)			токс	1
36	Рубидий Rb	0,1			токс	4
37	Свинец Pb	0,006			токс	2
38	Селен Se	0,002			токс	2
39	Стронций Sr	0,4			токс	3
40	Сульфит-анион (SO <sub>3</sub> ) <sup>2-</sup>	1,9			токс	4
41	Теллур Te	0,003			токс	3
42	Титан Ti	0,06			токс	4
43	Толуол C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	0,5			орг	3
44	Трибутиламин C <sub>12</sub> H <sub>27</sub> N	0,00005			токс	1
45	Трихлорбензол C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub>	0,001			токс	2
46	Фторид-анион F <sup>-</sup>	0,05 в доп. к фон. сод. фторидов, но не выше 0,75 мг/л			токс	3
47	Хлор св., раств. Cl <sub>2</sub>	Отсут. (0,00001)			токс	1
48	Хлорид-анион Cl <sup>-</sup>	300			сан-токс	4э
49	Хлороформ, CHCl <sub>3</sub>	0,005			токс	1
50	Хром трехвалентный Cr <sup>3+</sup>	0,07			сан-токс	3
51	Хром шестивалентный Cr <sup>6+</sup>	0,02			токс	3
52	Цезий Cs	1,0			токс	4
53	Цианид-анион CN <sup>-</sup>	0,05			токс	3
54	Цинк Zn	0,01			токс	3

Таблица 18 - Сводная таблица для определения ПХЗ-10

№ п/п	Вещество	$C_i$ мг/дм <sup>3</sup>	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	$C_i/ПДК_i$	Участвуют в расчете ИЗВ
Вещества 1-2 класса опасности (10 веществ)					
Вещества 3-4 класса опасности (10 веществ)					

Таблица 19 - Результаты сводного анализа

Показатель	2014 год	2015 год	Примечания
ПХЗ-10 <sub>1-2кл.оп.</sub>			
ПХЗ-10 <sub>3-4 кл.оп</sub>			
ИЗВ			
Ситуация по табл. 13			
Ситуация по табл. 15			

Варианты для расчетов выдаются преподавателем.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение зоны чрезвычайной экологической ситуации.
2. По каким критериям зону ЧЭС относят к зоне бедствия или к зоне кризиса?
3. Что такое ПХЗ? Приведите последовательность расчета.
4. Для каких акваторий можно проводить расчет ПХЗ?
5. Что такое основные и дополнительные показатели качества?
6. Какие есть виды экологической обстановки?



7. Как определить КН и КДА? В какие показатели качества оценки поверхностных вод они входят ?
8. Как классифицируются поверхностные воды в зависимости от ЛПВ и КИЗВ?
9. Приведите расчет КИЗВ. Чем он отличается от расчета ИЗВ?
10. Что такое целевые показатели качества воды? Какие показатели туда входят?
11. Что такое долгосрочные показатели воды?
12. Какие виды ПДК используются для расчета ПХЗ-10? Почему?

### Список литературы

1. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. Утв. Минприроды РФ 30 ноября 1992 г. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901797511>
2. Закон РФ «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс]: Принят Гос. Думой 20.09.2001. с изм. 2016 г. Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/)
3. РД 52.24.643-2002 Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям [Электронный ресурс]. Принят 03.12.2002. Режим доступа
4. Медведева С.А., Тимофеева С.С. Экология техносферы: практикум. М.: ФОРУМ: ИНФРА- М, 2014. 200 с.
5. Бузаева М.В., Савиных В.В., Чемаев О.В. Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду планируемой деятельности: учебное пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2005. 128 с.
6. Гагарина О.В. Комплексная оценка степени загрязнения (качества) воды в нормативных документах РФ // Вестник удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2009. № 2. С. 3-12.

7. Беляев С.Д. Использование целевых показателей качества воды //Водное хозяйство России. 2007. № 3. С. 3-17.

### **Практическая работа №3**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПЕРЕД ВЫПУСКОМ ИХ В ВОДОТОК**

Цель работы: определение необходимой степени очистки сточной воды по взвешенным веществам, по биологическому потреблению кислорода, по температуре с учетом ее разбавления или смешения.

### **Теоретическая часть**

Оценка состояния поверхностных вод имеет два аспекта: количественный и качественный. Оценка количественных аспектов водных ресурсов заключается в необходимости оценить возможности удовлетворения потребностей планируемой деятельности в водных ресурсах и последствия возможного изъятия оставшихся ресурсов для других объектов и жизнедеятельности населения.

Для таких оценок необходимо иметь данные гидрологических особенностей и закономерностей режима водных объектов, являющихся источниками водоснабжения, а также существующих уровней потребления и объемов водных ресурсов, требуемых для реализации проекта. Последнее включает также технологическую схему водопотребления (безвозвратное, обратное, сезонное и т.д.) и является оценкой *прямого* воздействия планируемой деятельности на количество водных ресурсов. Однако большое значение имеет также *косвенное* воздействие, влияющее в конечном счете на гидрологические характеристики водных объектов. К *косвенным* воздействиям относятся нарушение русла рек (драгами, земснарядами и др.), изменение поверхности водосбора (распашка земель, вырубка лесов), подтопление при строительстве или понижение грунтовых вод и многое другое. Необходимо выявить и проанализировать все воз-

можные виды воздействий и вызываемых ими последствий для оценки состояния водных ресурсов.

Таблица 20 - Критерии оценки ресурсов поверхностных вод

Оценочный показатель	Класс состояния поверхностных вод			
	норма	риск	кризис	бедствие
Изменение речного стока, % от первоначального	Не более 15	15-20	50-70	Более 70
Объем возможного единовременного отбора, м <sup>3</sup> /с	Не менее 5	1-5	Менее 1	Отсутствует

В качестве критериев оценки ресурсов поверхностных вод рекомендуются два наиболее емких показателя: *величина поверхностного (речного) стока* или изменение его режима применительно к определенному бассейну и *величина объема единовременного отбора воды*.

Наиболее распространенным и существенным фактором, обуславливающим дефицит водных ресурсов, является загрязнение водных источников, о котором обычно судят по данным наблюдений служб мониторинга Росгидромета и других ведомств, контролирующих состояние водной среды. Каждый водный объект обладает присущим ему природным гидрохимическим качеством, являющимся его исходным свойством, которое формируется под влиянием гидрологических и гидрохимических процессов, - протекающих в водоеме, а также в зависимости от интенсивности его внешнего загрязнения.

Совокупное воздействие этих процессов способно как нейтрализовать вредные последствия попадания в водоемы антропогенных загрязнений (самоочищение водоемов), так и привести к стойкому ухудшению качества водных ресурсов (загрязнение, засорение, истощение). Способность самоочищения каждого водного объекта, т.е. количество загрязняющих веществ, которое может быть переработано и нейтрализовано водоемом, зависит от разных факторов и подчиняется определенным закономерностям (поступающее количество

воды, разбавляющей загрязненные стоки, ее температура, изменение этих показателей по сезонам, качественный состав загрязняющих ингредиентов и др.).

Одним из главных факторов, определяющих возможные уровни загрязнения водоемов помимо их природных свойств является исходное гидрохимическое состояние, возникающее под влиянием антропогенной деятельности. Прогнозные оценки состояния загрязнения водоемов могут быть получены путем суммирования существующих уровней загрязнения и дополнительных количеств загрязняющих веществ, планируемых от проектируемого объекта. При этом необходимо учитывать *как прямые* (непосредственный сброс в водоемы), *так и косвенные* (поверхностный и внутрипочвенный стоки, аэрогенное загрязнение и т.д.) источники.

Основным источником информации о гидрологических и гидрохимических свойствах водоемов являются материалы наблюдений, осуществляющихся в сети ЕГСЭМ (Единой государственной системы экологического мониторинга) России.

При проведении оценки воздействия на поверхностные воды необходимо изучить, проанализировать и оформить большое количество факторов, таких, как характеристика сточных вод, местоположение водозабора, организацию СЗЗ водозабора и т.п. В том числе в необходимую информацию для анализа входит и расчет необходимой степени очистки сточных вод перед спуском в водоток.

### **Распределение концентраций вещества в речном стоке**

В загрязненной части речного потока концентрации загрязняющего вещества могут быть различными: в одних струях концентрации будут наибольшими, а в других - наименьшими. При этом, до выравнивания ширина, загрязненной струи с шириной реки, минимально загрязненная струя будет граничить с чистой водой, и концентрация вещества в этой струе будет соответствовать фоновой  $C_{\text{ф}}$ , т.е. концентрации вещества в речной воде выше выпуска сточных вод. Схема распределения загрязняющего вещества в речном потоке приведена на рис. 1.

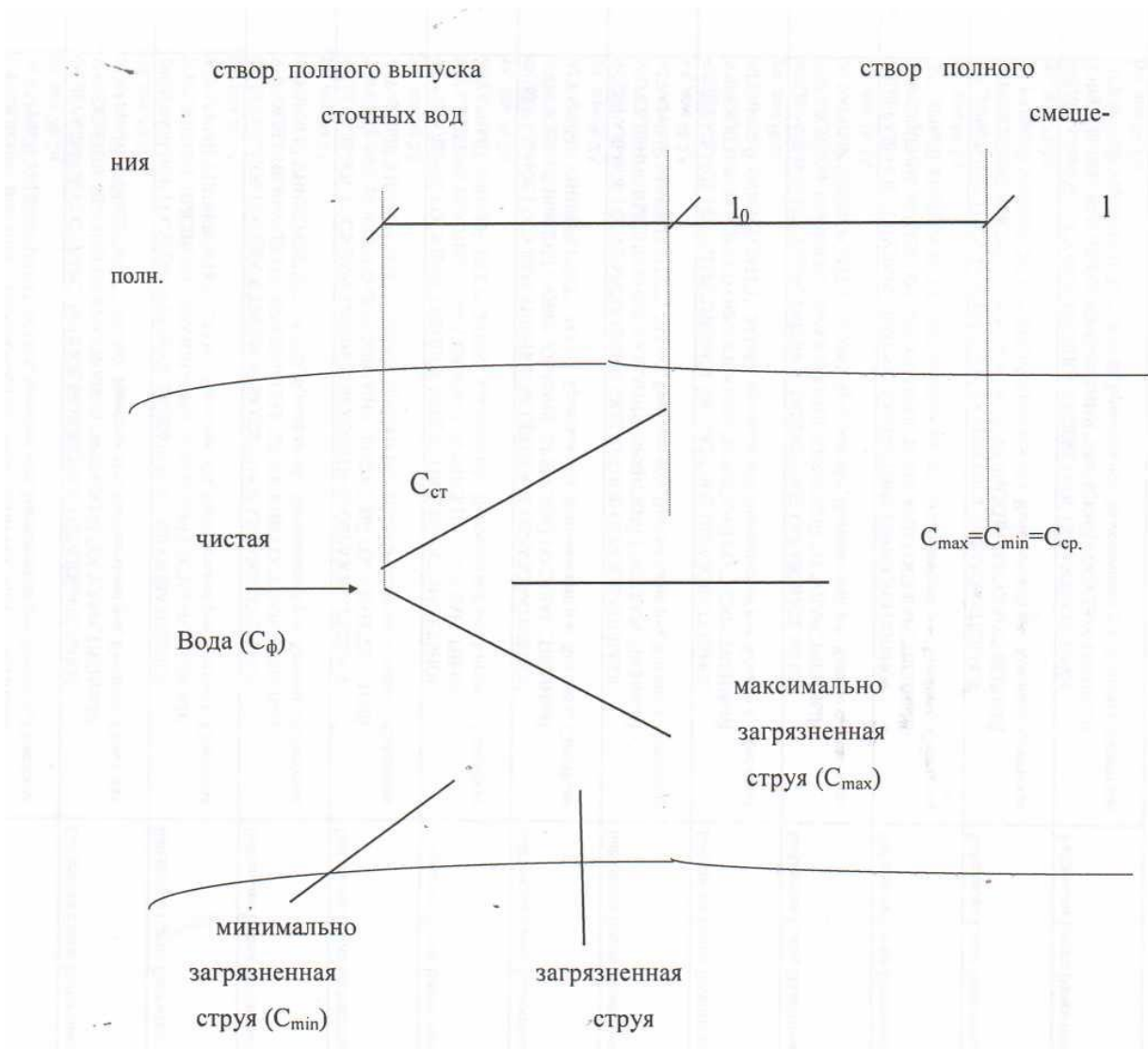


Рисунок 1 - Схема распределения загрязняющего вещества в речном потоке

В частности, значение минимальной концентрации  $C_{\min}$  может быть равно 0, если данное вещество отсутствовало в речной воде выше места поступления в реку сточных вод. На некотором расстоянии  $l_0$  загрязненная струя коснется противоположного берега реки. Начиная с этого расстояния, для створов, имеющих  $l$  больше  $l_0$  минимальные концентрации начнут возрастать до створа полного смешения, в котором  $C_{\min} = C_{\text{ср}}$ .

В максимально загрязненной струе концентрации ЗВ начнут уменьшаться с первых же метров расстояния от створа выпуска при движении струи вниз по течению за счет непрерывного присоединения к сточной воде речного стока и смешения. Это будет продолжаться до створа полного смешения, в котором

максимальная концентрация станет равной средней  $C_{\text{ср}}$ , одинаковой во всех элементарных струях этого створа.

Для створа полного смешения (при  $l=l_{\text{полн}}$ ) должно обеспечиваться условие  $C_{\text{max}} = C_{\text{min}} = C_{\text{ср}}$ . В этом случае средняя концентрация будет равна

$$C_{\text{ср}} = \frac{qC_{\text{ст}} + QC_{\phi}}{q + Q} \quad (10)$$

где  $C_{\text{ст}}$  - концентрация консервативного вещества в сбросных сточных водах. В этом случае будут соблюдаться условия санитарно-гигиенического нормирования ( $c_{\text{нор}}$ ). Такую концентрацию загрязняющих веществ в сточных водах называют *предельно допустимой концентрацией*  $c_{\text{ст}}$ . Если контрольный створ водоема находится под воздействием сточных вод, сбрасываемых только через один выпуск, значение  $c_{\text{ст}}$  устанавливается непосредственно расчетом в зависимости от разновидности загрязнений.

При разработке  $c_{\text{ст}}$  для загрязняющих веществ, сбрасываемых со сточными водами в водный объект, учитывают степень их *неконсервативности*. При этом *консервативными* являются ионы металлов и другие соединения, которые при попадании в водный объект изменяют свою концентрацию в основном за счет разбавления загрязненных вод с природными водами.

К *неконсервативным* веществам относятся нефтепродукты, спирты, формальдегиды, нитриты и другие соединения, которые после попадания в водный объект подвергаются биохимической деструкции, т.е. их преобразование и разрушение происходит при участии живых организмов, как правило, бактерий.

Сброс сточных вод может быть осуществлен согласно таблице 21.

Таблица 21- Расположение контрольного створа при сбросе СВ в зависимости от вида водного объекта, водопользования и конструктивного исполнения выпуска СВ

Конструктивное исполнение выпуска СВ	Вид водопользования			
	питьевое и хоз.- бытовое, рекреационное		рыбохозяйственное	
	сброс СВ за пределами нас. пункта	сброс СВ в пределах нас. пункта	сброс СВ в водоток	сброс СВ в водоем
Сосредоточенный	в 500 м от места расположения выпуска СВ		в месте расположения ближнего оголовка водозаборного сооружения рыбоводного предприятия или верхней границы ближнего нерестилища, зимовальной ямы ценных промысловых рыб, но не далее 500 м от места расположения выпуска СВ	в месте расположения ближнего оголовка водозаборного сооружения рыбоводного предприятия, границы нерестилища или зимовальной ямы ценных промысловых рыб, но не далее 500 м от места расположения выпуска СВ
Рассеивающий		в створе начального разбавления		

### Расчет разбавления в водотоках и водоемах

Наибольшее распространение получил метод Фролова-Родзиллера для водотоков. Этот метод применим для больших и средних водотоков. В соответствии с этим методом определяется коэффициент смешения, который находят:

$$\frac{\gamma \cdot Q}{0,4 \cdot q} (O^B - 0,4 \cdot L_{\text{полн}}^B - O) - \frac{O}{0,4} \quad (11)$$

где  $Q$  - среднемесячный расход воды водотока 95%-й обеспеченности, м<sup>3</sup>/с;  
 $q$  - максимальный расход сточных вод, подлежащих сбросу в водоток, м<sup>3</sup>/с;  
 $L$  - расстояние по фарватеру водотока от места выпуска до расчетного створа, м;

$a$  - коэффициент, зависящий от гидравлических условий смешения:

$$a = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{q}}, \quad (12)$$

где  $\xi$  - коэффициент, зависящий от расположения выпуска сточных вод в водоток: при выпуске у берега  $\xi = 1$ , при выпуске в фарватер  $\xi = 1,5$ ;  $\varphi$  - коэффициент извилистости водотока, т. е. отношение расстояния между рассматриваемыми створами водотока по фарватеру к расстоянию по прямой;  $D$  - коэффициент турбулентной диффузии. Для равнинных рек и упрощенных расчетов, коэффициент турбулентной диффузии находят по формуле М.В. Потапова:

$$D = \frac{V_{\text{ср}} \cdot H_{\text{ср}}}{200}, \quad (13)$$

где  $V_{\text{ср}}$  - средняя скорость течения водотока на интересующем нас участке между нулевым и расчетным створами, м/с;  $H_{\text{ср}}$  - средняя глубина на этом участке, м.

При сбросе сточных вод в водоемы расчет разбавления сточных вод производят по методу Н.Н. Лаптева. Этот метод применим для рассеивающих и сосредоточенных выпусков при следующих допущениях:

- скорость истечения сточных вод в водоем должна быть более 2м/ч;



- выпуск сточных вод находится на некотором удалении от берега и относительная глубина в месте  $H/d_0$  выпуска должна быть более 30.  $H$  - глубина водоема в месте установки выпуска, м;  $d_0$  - диаметр выпуска, м.

Диаметр выпуска определяется по формуле:

$$d_0 = \sqrt{\frac{4q_{CB}}{\pi V_{CP} * N}} \quad (14)$$

где  $q_{CB}$  - суммарный расход СВ, сбрасываемых через выпуск СВ, м<sup>3</sup>/с,  $N$  - количество выпусков.

Наименьшее разбавление, наблюдающееся на расстоянии  $L$  от места выпуска, определяется по выражению:

$$n = A \cdot \left( \frac{0,2L}{d_0} \right)^{P \cdot S}, \quad (15)$$

где  $A$  - параметр, определяющий изменение разбавления при применении различных конструкций выпуска. При сосредоточенном выпуске  $A = 1$ ;  $P$  - параметр, зависящий от скорости проточности водоема и нагрузки на него сточных вод;  $S$  - параметр, зависящий от относительной глубины водоема.

При этом предполагаются два случая:

- когда движение воды в водоеме определяется стоком, параметр  $P$  рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{L_B \omega_0}{0,000015 \cdot \beta_0 \cdot W_0 + L_B \omega_0}, \quad (16)$$

где  $L_B$  - длина водоема от места выпуска сточных вод в направлении стокового течения, м;  $\omega_0$  - суммарная площадь выпускных отверстий,

$\beta_0$  - период обмена воды в водоеме, годы;

$W_0$ - объем сбрасываемых сточных вод в течение года, м /год;

- если течение в водоеме определяется нагонными ветрами и скорость этого течения известна, то параметр  $P$  рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{V_n}{0,000015 \cdot V_0 + V_n}, \quad (17)$$

где  $V_n$  - скорость течения в водоеме, м/с;

$V_0$  - скорость истечения сточных вод из выпуска, м/с.

Параметр  $S$  рассчитывается по формуле:

$$S = 0.875 + \frac{0,325 \cdot H}{360 + \left(\frac{V_n}{V_0}\right) \cdot 10^5}, \quad (18)$$

$H$  - глубина водоема в месте выпуска, м. Параметр  $S \leq 1$ .

### **Расчет необходимой степени очистки сточных вод по содержанию взвешенных веществ**

Согласно СанПиН 2.1.5.980-00 концентрация взвешенных частиц в водоемах питьевого и хоз-бытового назначения должно быть не более 25 мг/дм, для рекреационного не более 0,75 мг/ дм<sup>3</sup>.

Концентрацию взвешенных веществ в очищенной сточной воде, разрешенной к сбросу в водный объект, определяют из выражения:

$$C_{\text{оч}} = P \cdot \left( \frac{\gamma \cdot Q}{q} + 1 \right) + C_{\phi}, \quad (19)$$

где  $C_{\phi}$  - концентрация взвешенных веществ в воде водного объекта до

сброса сточных вод, мг/л; Р - разрешенное санитарными нормами увеличение содержания взвешенных веществ в воде водного объекта в расчетном створе.

Рассчитав необходимую концентрацию взвешенных веществ в очищенной сточной воде ( $C_{оч}$ ) и зная концентрацию взвешенных веществ в сточной воде, поступающей на очистку ( $C_{ст}$ ), определяют эффективность очистки сточных вод по взвешенным веществам по формуле:

$$\Xi_{взв} = \frac{C_{ст} - C_{оч}}{C_{ст}} \cdot 100\%, \quad (20)$$

Расчет необходимой степени очистки сточных вод по содержанию растворенного кислорода.

В соответствии с СанПин 2.1.5.980-00 содержание растворенного кислорода в водном объекте в результате сброса в него сточных вод не должно быть менее 4мг/дм<sup>3</sup> для 1 категории водоемов или 6 мг/дм<sup>3</sup> для 2 категории.

Расчет ведут по БПК<sub>полн</sub> в очищенных сточных водах ( $L^{ст}_{полн}$ ) из условия сохранения растворенного кислорода:

$$L^{ст}_{полн} = \frac{\gamma \cdot Q}{0,4 \cdot q} (O^B - 0,4 \cdot L^B_{полн} - O) - \frac{O}{0,4}, \quad (21)$$

где Q – расход воды водотока, м/сутки;

$\gamma$  – коэффициент смешения;

$O^B$  – содержание растворенного кислорода в водотоке до места выпуска сточных вод, г/м<sup>3</sup>; q - расход сбрасываемых сточных вод, м<sup>3</sup>/сутки;  $L^B_{полн}$  - полное биохимическое потребление кислорода водой водотока, г/м<sup>3</sup> ;

$L^{ст}_{полн}$  - полное биохимическое потребление кислорода сточной водой, допустимой к сбросу, г/м<sup>3</sup>; O - минимальное содержание растворенного кислорода водного объекта, принимаемое равным 4 или г/м<sup>3</sup>; 0,4-коэффициент для пересчета БПК<sub>полн</sub> в БПК<sub>2</sub>.

Расчет необходимой степени очистки сточных вод по БПК<sub>полн</sub> смеси воды водного объекта и сточных вод.

При сбросе сточных вод в водные объекты снижение концентрации органических веществ происходит как за счет разбавления, так и благодаря процессам самоочищения. При протекании процесса самоочищения скорость изменения БПК, пропорциональна количеству кислорода, потребного для биологического окисления органических веществ.

Расчет ведут по величине БПК<sub>полн</sub> сточных вод, допустимых к отводу в водные объекты:

$$L_{ст} = \frac{\gamma \cdot Q}{q \cdot 10^{-k_{ст}t}} (L_{ПДК} - L_B \cdot 10^{-k_{\alpha}t}) + \frac{L_{ПДК}}{10^{-k_{ст}t}}, \quad (22)$$

где  $\gamma$  - коэффициент смешения;  $Q$  - расход воды в водотоке, м<sup>3</sup>/с;  $q$  - расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;  $k_{ст}$ ,  $k_B$  - константы скорости потребления кислорода соответственно сточной водой и водой водного объекта;  $L_{ПДК}$  - значение допустимой концентрации БПК<sub>полн</sub> смеси сточных вод и воды водного объекта в расчетном створе, мг/л (3 мг/л - для 1 категории и для рыбохозяйственных водоемы, 6 мг/л - для водоемов хоз-бытового водопользования 2 категории;  $L_B$  - БПК<sub>полн</sub> воды водного объекта до места выпуска сточных вод, мг/л;  $t$  - длительность перемещения воды от места сброса до расчетного створа, сут. Необходимую степень очистки определяют в %.

Расчет допустимой температуры сточных вод перед сбросом их в водные объекты.

Расчет ведут исходя из условий, что температура воды водного объекта летом (максимальная) не должна повышаться в месте выпуска сточных вод не более чем на 3<sup>0</sup>С.

Температура сточных вод, разрешенных к сбросу, должна удовлетворять условию:

$$T_{ст} \leq n \cdot T_{доп} + T_B, \quad (23)$$

где  $T_{\text{доп}}$  - допустимое повышение температуры;

$T_{\text{в}}$  - температура водного объекта до места сброса сточных вод.

### Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. По данным гидрометеорологической службы среднемесячный расход воды в реке при 95 %-ной обеспеченности составляет в расчетном створе  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ). На участке реки от места выпуска сточных вод до расчетного створа средняя скорость течения равна  $v_{\text{ср}}$  ( $\text{м}/\text{с}$ ) при глубине  $H$  ( $\text{м}$ ). Извилистость русла на участке слабо выражена, т.е.  $\varphi = 1$ . Выпуск сточных вод с расходом  $q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) проектируется у берега, т.е.  $\zeta = 1$ . Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа по фарватеру составляет  $L$  ( $\text{км}$ ). Определить степень смешения сточных вод в водоеме у расчетного створа.

Таблица 22 - Варианты к задаче 1

№ п/п	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	$V_{\text{ср}}, \text{м}/\text{с}$	$H, \text{м}$	$q, \text{м}^3/\text{с}$	$L, \text{км}$
1	30	0,64	1,2	0,6	3,5
2	45	0,42	1,6	0,8	4,0
3	32	0,54	1,8	0,4	2,0
4	40	0,62	2,1	0,5	3,0
5	28	0,32	1,2	0,2	1,0
6	22	0,28	1,1	0,1	<sup>2</sup> , <sup>1</sup>
7	30	0,36	1,4	0,4	2,5
8	46	0,40	1,8	0,6	3,5
9	35	0,50	2,1	0,8	4,0
10	32	0,55	1,8	0,4	3,0
11	28	0,46	1,6	0,3	1,5
12	33	0,52	2,0	0,6	4,2
13	30	0,50	1,9	0,2	3,2
14	29	0,42	1,5	0,5	1,7
15	35	0,46	1,7	0,3	2,5

Задача 2. Найти разбавление сточных вод для глубинного сосредоточенного выпуска в проточное озеро, если даны: скорость течения  $v_n$  (м/с), средняя глубина в месте выпуска  $H$  (м), расчетный расход сточных вод  $Q$  (м<sup>3</sup>/с). Расчетный створ водопользования расположен на расстоянии  $L$ (м). Для всех вариантов принять скорость истечения  $v_0=2,5$  м/с,  $A =1$  (рассматривается сосредоточенный выпуск).

Таблица 23 – Варианты к задаче 2

№ п/п	$V_n$ , м/с	$H$ , м	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$L$ , м
1	0,02	30	0,32	500
2	0,01	25	0,41	800
3	0,02	28	0,46	250
4	0,03	42	0,53	620
5	0,01	36	0,48	780
6	0,02	30	0,30	750
7	0,03	32	0,36	600
8	0,01	28	0,42	550
9	0,02	40	0,30	400
10	0,03	36	0,35	350
11	0,01	25	0,32	250
12	0,02	42	0,30	300
13	0,01	34	0,35	380
14	0,02	26	0,32	260
15	0,01	30	0,33	280

Задача 3. В реку с расходом  $Q$  (м<sup>3</sup>/с) сбрасываются сточные воды с расходом  $q$ (м<sup>3</sup>/с). Концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих на очистную станцию,  $C$  (мг/л). Участок водоема, в который сбрасываются очищенные сточные воды, относится ко 2 категории водоемов питьевого и культурно-бытового водопользования. Концентрация взвешенных веществ в реке до спуска сточных вод  $C_{ф}$  (г/м<sup>3</sup>). Коэффициент смешения  $y = 0,75$ . Для

данного участка водоема допускаемое увеличение содержания взвешенных веществ  $P = 0,75 \text{ г/м}^3$ . Найти степень очистки по взвешенным веществам.

Таблица 24 - Варианты к задаче 3

№ п/п	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$C, \text{ мг/л}$	$q, \text{ м}^3/\text{с}$	$C_{\text{ф}}$ ( $\text{г/м}^3$ )
1	15	200	0,3	5
2	20	230	0,2	7
3	18	160	0,4	2
4	22	210	0,2	4
5	12	110	0,3	3
6	16	150	0,2	2
7	20	200	0,3	5
8	22	230	0,4	6
9	25	160	0,2	7
10	30	180	0,1	4
11	22	200	0,4	3
12	17	210	0,3	4
13	21	200	0,1	7
14	19	180	0,4	2
15	28	110	0,3	4

Задача 4. Найти необходимую степень очистки сточных вод по БПК<sub>полн</sub> для водоема, отнесенного ко 2 категории водоемов питьевого и культурнобытового водопользования при следующих условиях. Расход сточных вод  $q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ), расход воды в водоеме  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ); средняя скорость движения воды в реке  $v_{\text{ср}}$  ( $\text{м/с}$ ); средняя глубина реки  $H_{\text{ср}}$  ( $\text{м}$ ), выпуск сточных вод проектируется у берега, следовательно,  $\zeta=1$ . Расстояние по фарватеру от места выпуска сточных вод до расчетного створа  $L$  ( $\text{км}$ ); извилистость русла на расчетном участке выражена слабо, т.е.  $\varphi=1$ . Константа скорости потребления кислорода сточной водой  $k_{\text{ст}} = 0,16$ ; константа скорости потребления кислорода речной водой  $k_{\text{а}} = 0,1$ ; БПК<sub>полн</sub> речной воды до момента выпуска сточных вод  $L_p$  ( $\text{мг/л}$ ).

Таблица 25 - Варианты к задаче 4

№ п/п	$q, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$V_{\text{ср}}, \text{ м/с}$	$H_{\text{ср}}, \text{ м}$	$L, \text{ км}$	$L^B, \text{ мг/л}$
1	0,6	20	0,64	1,2	3,5	1,8
2	0,5	22	0,53	2,3	2	1,6
3	0,3	31	0,48	1,8	2,8	1,7
4	0,4	26	0,62	2	3,4	1,8
5	0,5	34	0,58	1,6	3,8	1,6
6	0,2	20	0,42	1,4	2,5	1,8
7	0,3	24	0,34	2,0	5,0	1,7
8	0,4	26	0,58	2,3	3,6	1,6
9	0,2	28	0,62	1,6	2,7	1,6
10	0,5	30	0,45	1,8	2,4	1,7
11	0,4	31	0,35	2,0	3,0	1,8
12	0,4	30	0,52	1,7	2,6	1,7
13	0,6	25	0,44	1,9	2,2	1,4
14	0,5	31	0,30	2,2	2,3	1,5
15	0,4	29	0,36	2,1	2,2	1,6

Задача 5. Какова должна быть температура сбрасываемых в водоем сточных вод, если максимальная летняя температура природной воды до места выпуска сточной равна  $T_{\text{max}}$ , а кратность разбавления стоков составляет  $n$ ?

Для всех вариантов сброс в водоем имеет сосредоточенный выпуск,  $v_0=2,5$  м/с. Данные для расчета представлены в таблице 26.

Таблица 26 - Варианты к задаче 5

№ п/п	$T_{\text{max}}$	$T_{\text{доп}}$	$L, \text{ м}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$V_{\text{н}}, \text{ м/с}$	$H, \text{ м}$
1	19	3,0	500	20	0,64	1,2
2	20	2,5	300	22	0,53	2,3
3	21	3,0	200	18	0,48	1,8
4	18	2,5	550	20	0,62	2



5	19	3,0	450	22	0,58	1,6
6	20	2,5	550	19	0,42	1,4
7	23	2,5	500	20	0,34	2,0
8	20	3,0	600	20	0,58	2,0
9	21	3,0	350	21	0,62	1,6
10	19	2,5	450	22	0,45	1,8
11	18	2,5	500	18	0,35	2,0
12	19	2,4	550	20	0,64	2
13	15	2,7	400	22	0,56	1,5
14	16	2,6	550	19	0,40	1,3
15	18	2,7	350	19	0,45	1,6

Задача 6. Расход сточных вод предприятия составляет  $0,47 \text{ м}^3/\text{с}$ . Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет  $19,5 \text{ м}^3/\text{с}$ . Коэффициент смешения составляет  $0,63$ . Определить кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

Задача 7. Расход сточных вод предприятия составляет  $0,52 \text{ м}^3/\text{с}$ . Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет  $14,7 \text{ м}^3/\text{с}$ . Коэффициент смешения составляет  $0,84$ . Определить кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

Задача 8. Расход сточных вод предприятия составляет  $0,86 \text{ м}^3/\text{с}$ . Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет  $26,5 \text{ м}^3/\text{с}$ . Коэффициент смешения составляет  $0,74$ . Определить кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

Задача 9. В водоём с расходом воды  $16 \text{ м}^3/\text{с}$  сбрасывается  $0,25 \text{ м}^3/\text{с}$  сточных вод. Какой объём речного стока смешивается со сточными водами в расчётном створе, в котором коэффициент смешения составляет  $0,1$ ?

Задача 10. Чему равен коэффициент смешения в створе полного смешения, если расход сточной жидкости составляет  $0,76 \text{ м}^3/\text{с}$ , а расход речного потока -  $28,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ?

Задача 11. Расход сточных вод составляет  $0,778 \text{ м}^3/\text{с}$ . Наименьший сред-

немесячный расход воды в реке составляет  $21 \text{ м}^3/\text{с}$ . Средняя скорость течения реки на расчетном участке =  $0,3 \text{ м/с}$ , средняя глубина реки -  $1,2 \text{ м}$ . Коэффициент извилистости русла  $1,24$ . Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа равно  $1100 \text{ м}$ . Выпуск сточных вод предполагается у берега. Определить коэффициент смешения и кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

Задача 12. Расход сточных вод предприятия составляет  $0,39 \text{ м}^3/\text{с}$ . Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет  $34,1 \text{ м}^3/\text{с}$ . Средняя скорость течения реки на расчетном участке =  $0,18 \text{ м/с}$ , средняя глубина реки -  $2,2 \text{ м}$ . Коэффициент извилистости русла  $1,14$ . Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа равно  $950 \text{ м}$ . Выпуск сточных вод предполагается в речной поток. Определить коэффициент смешения и кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

Задача 13. Расход сточных вод предприятия составляет  $0,22 \text{ м}^3/\text{с}$ . Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет  $18,1 \text{ м}^3/\text{с}$ . Средняя скорость течения реки на расчетном участке =  $0,14 \text{ м/с}$ , средняя глубина реки -  $1,32 \text{ м}$ . Коэффициент извилистости русла  $1,21$ . Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа равно  $500 \text{ м}$ . Выпуск сточных вод предполагается в речной поток. Определить коэффициент смешения и кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

Задача 14. Расход сточных вод предприятия составляет  $0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ . Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет  $26,8 \text{ м}^3/\text{с}$ . Средняя скорость течения реки на расчетном участке =  $0,19 \text{ м/с}$ , средняя глубина реки -  $1,8 \text{ м}$ . Коэффициент извилистости русла  $1,22$ . Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа равно  $600 \text{ м}$ . Выпуск сточных вод предполагается в речной поток. Определить коэффициент смешения и кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

Задача 15. Расход сточных вод предприятия составляет  $0,36 \text{ м}^3/\text{с}$ . Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет  $22,3 \text{ м}^3/\text{с}$ . Средняя скорость течения реки на расчетном участке =  $0,21 \text{ м/с}$ , средняя глубина реки -

2,14 м. Коэффициент извилистости русла 1,35. Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа равно 750 м. Выпуск сточных вод предполагается в речной поток. Определить коэффициент смешения и кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

Задача 16. Расход сточных вод предприятия составляет  $0,68 \text{ м}^3/\text{с}$ . Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет  $26,4 \text{ м}^3/\text{с}$ . Средняя скорость течения реки на расчетном участке =  $0,11 \text{ м/с}$ , средняя глубина реки - 2,5 м. Коэффициент извилистости русла 1,14. Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа равно 1000 м. Выпуск сточных вод предполагается в речной поток. Определить коэффициент смешения и кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

#### Контрольные вопросы

1. Какое есть воздействие на поверхностный сток?
2. Какие показатели используют в качестве критериев для оценки ресурсов поверхностных вод?
3. Как распределяются концентрации веществ в поверхностном стоке? Нарисуйте схему распределения и поясните ее.
4. Какую концентрацию называют предельно допустимой при выпуске очищенных сточных вод?
5. Что такое коэффициент смешения? Приведите расчетную формулу.
6. Как определить кратность разбавления?
7. Как определить необходимую степень очистки сточных вод по взвешенным веществам?
8. Какие вещества относят к консервативным, а какие к неконсервативным?
9. Как провести расчет необходимой степени очистки сточных вод по БПКполн смеси воды водного объекта и сточных вод?
10. Как определяется допустимая температура для сброса в водоем?

## Список литературы

1. Лабораторный практикум по курсу «Экология» / Е.П. Кремлев и др.; под общ. ред. Е.П. Кремлева. Гродно : ГрГУ, 2002. 159 с.
2. СанПин 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод: Санитарные правила и нормы. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2000. Режим доступа:  
[http://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ/data\\_normativ/8/8514/](http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/8/8514/)
3. Ларионов Н.М., Рябышенков А.С. Промышленная экология: учебник для бакалавров / Московский гос. институт электронной техники (МИЭТ). М.: Юрайт, 2013. 495 с.
4. Регламент по расчету предельно допустимых сбросов веществ в поверхностные водные объекты со сточными водами [Электронный ресурс] СТО Газпром 8-2005. Дата введения 10.03.2005 Режим доступа:  
<http://files.strouinf.ru/Data 1/50/50803/>.
5. Нисковская Е.В., Литвинец О.И. Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза: УМК / под общ.ред. А.Н. Гулькова. М.: Проспект, 2015. 192 с.

## **Практическая работа №4**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ РАЙОНА ЗАСТРОЙКИ**

Цель работы: определение демографической емкости в районе застройки для сохранения экологического равновесия.

#### **Теоретическая часть**

Оценка и прогноз социальных и экономических условий жизнедеятельности населения.

Необходимость изучения социальных и экономических особенностей рассматриваемой территории составляет неотъемлемую часть ОВОС. Последний из рассматриваемых факторов окружающей среды - это антропо-экологическая оценка планируемой деятельности, включающая оценку и прогноз возможных последствий социального, демографического, экономического характера (повышение нагрузки на существующую инфраструктуру, взаимоотношения коренного, старожильческого и пришлого населения, появление новых рабочих мест, потребность в местных продуктах и т.д.).

Воздействие объекта на социальные условия и здоровье населения при подготовке обоснования инвестиций выполняется по особому требованию местной администрации и общественных организаций.

Для выявления воздействий проектируемого объекта на социальные условия и здоровье населения должны быть определены:

- демографические характеристики (численность, плотность населения, продолжительность жизни и т.п.);
- состояния жилого фонда населенных пунктов, расположенных в зоне воздействия объекта;
- предполагаемое изменение численности населения в районе застройки;

- изменения техногенной нагрузки на компоненты среды от выбросов (сбросов), физических и других видов воздействий объекта, %;
- предполагаемое изменение жилищно-бытовых и социальных условий жизни населения, проживающего в районе размещения объекта;
- изменение условий и качества питания населения, проживающего в районе;
- изменение уровня медицинского обслуживания населения, условий отдыха, проведения досуга и т.п.

При составлении оценки должно быть проведено сопоставление показателей здоровья населения рассматриваемого района с федеральными или региональными данными. В отдельных случаях может проводиться гигиеническое ранжирование территории.

При этом оценки подразделяют на субъективные (получаемые от работающих и проживающих там людей) и профессиональные (с использованием объективных методов измерения или из официальных информационных источников).

Для характеристики социально-экологической ситуации на объекте или территории выделяют две группы факторов, характеризующих антропо-экологическую обстановку, - это интегральные показатели: *уровень комфортности природной среды* и *степень детериорированности жизненного пространства*.

Первый показатель связан с анализом более трех десятков параметров природной среды, из которых свыше десяти относятся к климатическим факторам, а остальные характеризуют наличие природных предпосылок болезней (в том числе рельеф, геологическое строение, состояние воды, растительности, животного мира и многие другие).

Уровень детериорированности (ухудшение) окружающей среды также объединяет довольно большое число показателей самого разного плана. К ним относятся традиционные комплексные оценки загрязненности геосферы, рассчитываемые в виде суммы соотношений реальных концентраций загрязняющих веществ и их ПДК, удельные суммарные показатели ПДК и НДС, связанные с оцениваемой площадью территории, и ряд других.

К основным критериям, позволяющим определить, какие проекты необходимо выносить для широкого обсуждения, относятся общие критерии социальных последствий и степень обеспокоенности общественности возможным воздействием намечаемой деятельности на окружающую среду, перечисленные ниже:

- здоровье населения и его безопасность. Изменения окружающей среды, приводящие к ухудшению здоровья населения или угрозе его жизни, неприемлемы вообще или должны быть компенсированы за счет средств заказчика.

- возможное переселение в другие районы. Население болезненно принимает подобные изменения, проектные решения должны избегать воздействий, которые приводили бы к таким последствиям.

- изменение привычных условий жизни. Вид из окна, близость зеленой зоны, остановка транспорта, наличие жилья - все это может свести на «нет» все усилия проектировщиков по технической модернизации проекта. Поэтому необходимо, чтобы объект вписывался в окружающий его ландшафт, гармонизировал с окружающим фоном, учитывал маршруты движения транспорта и др.

- смена традиционных форм занятости. Большое значение имеет сохранение не только заработка, но и привычных форм деятельности. Изменение в структуре занятости может привести к уничтожению привычных для местного населения занятий (особенно в сельской местности, национальных образованиях и т.д.). Необходимо предусмотреть возможность, во-первых, получения специального образования, во-вторых, максимального сохранения традиционных форм деятельности.

- зоны отдыха, заповедники, археологические, этнические и исторические памятники. Даже при отсутствии существенного воздействия на уязвимые территории близость расположения к ним предприятия может вызвать негативную реакцию общественности. Объект должен располагаться на таком расстоянии и таким образом, чтобы избежать отрицательного воздействия на историко-археологические ценности.

- использование земель имеет большое значение в густонаселенных районах. Отвод земель под то или иное производство должен происходить после

выявления позиций заинтересованных групп населения, проживающего на данной территории, поскольку всегда возникают альтернативы по использованию немногочисленных свободных земельных участков.

- спрос и предложение. Это противоречие между заказчиком деятельности и местным населением, которое часто возникает, например, при планировании добычи полезных ископаемых, когда выявляется несоответствие между спросом и предложением на ресурсы и их разработку в локальном, региональном и государственном масштабах.

- степень обеспокоенности общественности. Определение этого фактора подразумевает получение некоторой вероятностной оценки, при достижении которой данная проблема приобретает новое значение. Степень обеспокоенности определяется ситуацией, при которой могут произойти значительные изменения не только в окружающей среде, но и в социальноэкономической и социально-культурной сферах. Существует много способов классификации критического значения обеспокоенности, но наиболее эффективным является их непосредственная связь с социальными критериями. Когда становится очевидным, что воздействие по одному из социальных критериев превышает допустимый уровень, т.е. приобретает критическое значение, проект должен быть представлен для рассмотрения общественности или вообще возвращен на доработку.

### **Определение демографической емкости в районе застройки**

Для прогнозирования экологической ситуации в районе застройки проводят определение его демографической емкости. Демографическая емкость - это максимальное число жителей района, которое может быть в его границах при условии обеспечения наиболее важных повседневных потребностей населения за счет ресурсов рассматриваемой территории с учетом необходимости сохранения экологического равновесия. При нарушении экологического равновесия на территории возможно возникновение экологического кризиса и даже экологического бедствия.



Методика состоит в определении и сопоставлении между собой шести частных демографических емкостей рассматриваемого района в следующем порядке.

1. Демографическая емкость, чел., по наличию территорий, пригодных для промышленного и гражданского строительства, определяется как:

2.

$$D_1 = \frac{T_p \cdot K_1}{H_i} \cdot 1000 \quad (23)$$

где  $T_p$  - территория района, га;  $K_1$  - коэффициент, показывающий долю территории, получившей наивысшую оценку по пригодности для промышленного и гражданского строительства (0,03...0,06);  $H_i$  - ориентировочная потребность в территории 1000 жителей в зависимости от характера производственной базы района (20...30 га).  $D_1$  имеет наибольшее значение. Однако в горных районах он может оказаться лимитирующим. В небольших по территории, но плотно заселенных районах целесообразно определять этот показатель дифференцированно для промышленности и населения.

3. Емкость территории, чел., по поверхностным водам

$$D_2 = \frac{E \cdot K_2}{F} \cdot 1000 \quad (24)$$

где  $E$  - сумма расходов в водотоках при входе в район, м<sup>3</sup>/сут;  $K_2$  - коэффициент, учитывающий необходимость разбавления сточных вод (для рек южного стока  $K_2 = 0,25$ , а северного стока  $K_2 = 0,10$ );  $F$  - нормативная водообеспеченность 1000 жителей (1000 - 2000 м<sup>3</sup>/сут).

4. Емкость территории, чел., по подземным водам

$$D_3 = \frac{T_p \cdot \mathcal{E}}{P_c} \cdot 1000 \quad (25)$$

где Э - эксплуатационный модуль подземного стока, м<sup>3</sup> (сут/га); Рс =40 м<sup>3</sup>/сут (норматив водоснабжения 1000 жителей).

5. Емкость территории, чел., по условиям организации отдыха в лесу

$$D_4 = \frac{T_p \cdot L}{H_2 \cdot M_1} \cdot 0,5 \cdot 10 \quad (26)$$

где L - лесистость района, %; 0,5 - коэффициент, учитывающий необходимость зеленых зон городов средней полосы России (для других районов он может существенно меняться); H<sub>2</sub> - ориентировочный норматив потребности 1000 жителей в рекреационных территориях (принимают 200 га); M<sub>1</sub> - коэффициент, учитывающий распределение отдыхающих в лесу и у воды (для районов с умеренным климатом M<sub>1</sub>=0,3, а с жарким климатом M<sub>1</sub>=0,1).

5. Емкость территории, чел., по условиям организации отдыха у воды

$$D_5 = 2 \frac{B \cdot C}{0,5 \cdot M_2} \cdot 1000 \quad (27)$$

где B - длина водотоков, пригодных для купания, км; C - коэффициент, учитывающий возможность организации пляжей (для районов лесной и лесостепной зон C = 0,5, а степной зоны C = 0,3); 0,5 - ориентировочный норматив потребности 1000 жителей в пляжах, км; M<sub>2</sub> - коэффициент, учитывающий распределение отдыхающих в лесу и у воды (для районов с умеренным климатом M<sub>2</sub> = 0,3, а с жарким климатом M<sub>2</sub> = 0,1).

6. Емкость территории, чел., по условиям организации пригородной сельскохозяйственной базы

7.

$$D_5 = \frac{T_p \cdot K_2 \cdot K_4}{\Pi} \cdot 1000 \quad (28)$$

где  $K_3$  - коэффициент, учитывающий долю территории района, включенную по результатам комплексной оценки в категории "благоприятные" и "ограниченно благоприятные" для сельского хозяйства;  $K_4$  - коэффициент, учитывающий возможность использования с/х земель под пригородную базу (для районов средней полосы России  $K_4 = 0,2...0,3$ );  $\Pi$  - ориентировочный показатель, отражающий потребности 1000 жителей района в землях пригородной сельскохозяйственной базы (принимают в зависимости от агроэкономических характеристик территории  $\Pi = 500...2000$  га). Полученные расчетные значения величин  $D_1...D_6$  необходимо представить в виде гистограммы, сопоставить между собой и в качестве окончательного показателя демографической емкости района застройки принять наименьшее значение.

### **Практическая часть**

1. Определить по формулам (22) - (26) частные коэффициенты  $D_1 ... D_6$ , принимая максимальные и минимальные значения величин, входящих в ту или иную формулу.

2. Построить гистограмму демографической емкости района застройки от количества чел. в тыс, указав минимумы и максимумы  $D_1 ... D_6$  (округление значений до целого числа). На гистограмме выделить наименьшее значение из коэффициентов  $D_1 ... D_6$  - значение лимитирующего показателя.

3. Проанализировать графический материал с целью выявления основных лимитирующих условий, ограничивающих хозяйственное развитие района застройки, включая увеличение численности его населения и сделать вывод о целесообразности освоения данного региона под строительство различных объектов (задаются преподавателем).

4. Проанализировать лимитирующие условия и предложить рекомендации для увеличения численности населения в районе застройки. Эти рекомендации должны способствовать увеличению ( $K_1, E, \text{Э}, L, B, C, K_3, K_4$ ) и уменьшению ( $H_1 P, H_2, M_1 M_2$  и  $\Pi$ ) параметров. Сравнить возросшие частные демографиче-

ские емкости рассматриваемой территории и сделать вывод о максимально возможной численности населения.

Варианты заданий для расчета представлены в табл. 27.

Таблица 27 - Варианты заданий для расчета

Ва-	Т <sub>р</sub> , га	К <sub>1</sub>	Э,	Е,	Л,	В,	Кэ	К <sub>4</sub>
1	3050	0,0	0,10	4300	78	24	0,30	0,25
2	2839	0,0	0,08	3600	40	22	0,50	0,25
3	1803	0,0	0,09	4100	66	20	0,31	0,25
4	2509	0,0	0,09	3200	67	28	0,30	0,25
5	2047	0,0	0,10	4200	57	28	0,41	0,25
6	3443	0,0	0,08	4000	67	27	0,29	0,30
7	1956	0,0	0,09	3000	72	20	0,25	0,30
8	2815	0,0	0,07	3500	84	21	0,26	0,30
9	2166	0,0	0,07	3600	42	24	0,55	0,30
10	4378	0,0	0,07	4400	50	28	0,47	0,30
11	1785	0,0	0,10	4000	43	27	0,50	0,25
12	1870	0,0	0,10	3800	30	26	0,58	0,25
13	9701	0,0	0,09	3000	37	23	0,60	0,20
14	2557	0,0	0,08	3100	48	22	0,40	0,20
15	2032	0,0	0,07	3100	42	21	0,56	0,20
16	1495	0,0	0,07	2900	31	20	0,66	0,20
17	1874	0,0	0,08	2800	74	25	0,25	0,30
18	1632	0,0	0,09	2800	74	23	0,26	0,30
19	1871	0,0	0,10	2700	51	24	0,46	0,20
20	2659	0,0	0,10	2700	62	20	0,36	0,20
21	1180	0,0	0,10	2900	32	21	0,65	0,20
22	2611	0,0	0,09	3000	82	22	0,46	0,30
23	2675	0,0	0,08	3000	59	22	0,39	0,25
24	3216	0,0	0,09	4300	71	28	0,28	0,25
25	2385	0,0	0,09	4200	82	28	0,37	0,30

## Контрольные вопросы

1. Какие критерии должны быть определены для оценки воздействий объекта на социальные и экологические условия жизни населения?
2. Какие есть оценки воздействия на социальные условия и здоровье населения?
3. Что такое демографическая емкость?
4. В чем состоит методика определения демографической емкости?
5. Какой из коэффициентов дает наибольший вклад? Почему?
6. Какие коэффициенты учитываются при расчет демографической емкости?
7. Какие условия стали лимитирующим в Вашем расчете? Поясните на гистограмме.
8. Какие рекомендации Вы можете предложить для увеличения численности населения в районе застройки?

## Список литературы

1. Аксенова О.В., Гузенкова А.С. Сборник практических заданий по экологии: учебно-методическое пособие. М.: Московский институт электроники и математики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», 2013. 31 с.
2. Нисковская Е.В., Литвинец О.И. Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза: УМК / под общ.ред. А.Н. Гулькова. М.: Проспект, 2015. 192 с.
3. Оценка воздействия на окружающую среду: учеб. пособие / В.К. Донченко, В.В. Иванова, В.М. Питулько, В.В. Растоскуев; под ред. В.М. Питулько. М.: Академия, 2013. 394 с.
4. Кукин П.П., Колесников Е.Ю., Колесникова Т.М. Оценка воздействия на окружающую среду. Экспертиза безопасности: учеб. и практикум для бакалавриата и магистратуры. М.: Юрайт, 2016. 452 с.
5. Ларионов Н.М., Рябышенков А.С. Промышленная экология: учебник для бакалавров. М.: Юрайт, 2013. 495 с.

## Приложение 1

Предельно допустимые концентрации некоторых вредных веществ (мг/л) в водах водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ГН 2.1.5.1315-03 с изменениями от 28.09.2007 г. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»)

№ п/п	Наименование в-ва	ЛПВ	ПДК	Класс опасности
1	2	3	4	5
1	Аммиак и аммоний- ион (по азоту)	Орг.-лепт.	1,5	4
2	Ацетальдегид	Орг.-лепт.	0,2	4
3.	Бензин	Орг.-лепт	0,1	3
4.	Железо (включая хлорное железо) по Fe	Орг.-лепт	0,3	3
5.	Кадмий	Сан-токс	0,001	2
6.	Кобальт	Сан.-токс.	0,5	3
7.	Магний	Орг.-лепт	50	3
8.	Марганец	Орг.-лепт.	0,1	4
9.	Медь	Орг.-лепт.	1,0	4
10.	Мышьяк	Сан-токс	0,01	1
11.	Натрий	Сан-токс	200	2
12.	Натрия хлорат	Орг.-лепт	20	3
13.	Нефть (многосернистая)	Орг. - лепт.	0,1	4
14.	Никель	Сан-токс	0,02	2
15.	Нитраты( по NO <sub>3</sub> )	Сан-токс	45	3
16.	Ртуть	Сан-токс	0,0005	1
17.	Свинец	Сан-токс	0,01	2
18.	Сульфаты (по SO <sub>4</sub> )	Орг.-лепт	500	4
19.	СПАВ (алкилсульфонаты)	Орг.-лепт.	0,5	3
20.	Фенол	Орг.-лепт	0,001	2
21.	Формальдегид	Сан-токс	0,05	2
22.	Фтор для климатических районов I-II	Сан-токс	1,5	2

## Продолжение приложения 1

23.	Хлор	Общесанит.	отсут	3
24.	Хлориды (по Cl)	Орг.-лепт	350	4
25.	Хром <sup>3+</sup>	Сан-токс	0,5	3
26.	Хром <sup>6+</sup>	Сан-токс	0,05	3
27.	Цинк	Общесанит.	1	3
28.	Метанол	Сан.-токс.	3,0	2
29.	Азот нитритов (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	Сан.-токс.	3,3	2
30.	Пероксид водорода	Сан.-токс.	0,25	2

## Приложение 2

Нормативы ПДК некоторых вредных веществ (мг/л) в водах водных объектов рыбохозяйственного назначения (Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 № 20 «Об утверждении нормативов качества водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водоемах водных объектов рыбохозяйственного значения»)

№ п/п	Наименование в-ва	ЛПВ	ПДК
1	2	3	4
1.	Азот аммиака	Токсиколог.	0,05
2.	Азот нитритов	Токсиколог.	0,08
3.	Кобальт	Токсиколог.	0,01
4.	Железо (включая хлорное железо) по Fe	Токсиколог.	0,1
5.	Кадмий	Токсиколог.	0,005
6.	Кобальт	Токсиколог.	0,005
7.	Магний	Сан.-токс.	40
8.	Марганец	Токсиколог.	0,01
9.	Медь	Токсиколог.	0,001
10.	Мышьяк	Токсиколог.	0,05
11.	Натрий	Сан-токс	120
12.	Нефть и нефтепродукты	Токсиколог.	0,05
13.	Никель	Токсиколог.	0,01
14.	Нитраты( по NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Токсиколог.	40
15.	Ртуть	Токсиколог.	0,00001
16.	Свинец	Токсиколог.	0,006
17.	Сульфаты (по SO <sub>4</sub> )	Сан.-токс	100,00
18.	Фенол	Рыбохозяйственный	0,001

## Продолжение приложения 2

19.	Фосфаты*	Санитарный	0,05 (О) 0,15 (М) 0,2 (Э)
20.	Хром <sup>3+</sup>	Токсиколог.	0,07
21.	Хром <sup>6+</sup>	Токсиколог.	0,02
22.	Цинк	Токсиколог.	0,01
23.	Хлориды	Рыбохозяйствен-ный	0,05



## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	
Практическая работа №1. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД.	5
Практическая работа №2. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД ДЛЯ ОПИСАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.	21
Практическая работа №3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПЕРЕД ВЫПУСКОМ ИХ В ВОДОТОК.	34
Практическая работа №4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ РАЙОНА ЗАСТРОЙКИ.	53
Приложения	62

Учебное издание

Елена Валентиновна Байдакова

Валентина Николаевна Кровопускова

Методы восстановления нарушенных природных объектов

Методические указания

для практических занятий магистров очной и заочной форм обучения  
по направлениям: 20.04.02 Природообустройство и водопользование

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 11.03.2019 г. Формат 60x84. 1/16.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 3,83. Тираж 25 экз. Изд. № 6337.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ