

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ -
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

А. В. Евграфов, И. И. Васенёв, Т. М. Джанчаров,
Н. В. Лагутина, Д. И. Шаламов

Экологическое нормирование в природопользовании

Практикум

Москва
2023

УДК 502:351.853(075.8)

ББК 20.18я73

Е 148

Рецензенты:

к. т. н., доцент кафедры гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами **С. А. Соколова**,

к. б. н., ведущий научный сотрудник ФГБНУ Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова **Т. Ю. Пуховская**

Евграфов, А. В. Экологическое нормирование в

Е 148 природопользовании / А. В. Евграфов, И. И. Васенёв, Т. М. Джанчаров, Д. И. Шаламов, Н. В. Лагутина – М., 2023. – 91 с. Электронное издание.

ISBN

В данном практикуме представлены методики определения, выбора, расчёта и использования нормативов качества ОС и допустимого воздействия на неё. Практикум включает указания по выполнению лабораторно-практических работ, в том числе краткий теоретический материал, цели и задачи, примеры выполнения, наборы исходных данных по вариантам и алгоритмы выполнения заданий. Особое внимание уделено системам ПДК вредных веществ, загрязняющих атмосферный воздух, водные объекты и почвы, учёту ЛПВ и классов опасности; расчёту комплексных ИЗА, ПХЗ-10, ИЗВ, УКИЗВ и индекса Пантле и Букка; расчёту НДС и нормированию в сфере выделения зон экологического неблагополучия. Овладение нормативами позволит выпускнику решать профессиональные задачи в области установления и контроля выполнения нормативов на предприятии, инженерно-экологических изысканий, экологического мониторинга, надзора, экспертизы. Курс формирует компетенции, связанные со знанием нормативной литературы, умением выбирать и/или рассчитывать нормативы, применять их для оценки экологической ситуации.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 05.03.06 «Экология и природопользование» (направленность: «Природопользование» и др.).

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А. Н. Костякова РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, протокол № 3 от 22 декабря 2023 г.

УДК 502:351.853(075.8)

ББК 20.18я73

ISBN

© Евграфов А. В., Васенёв И. И., Джанчаров Т. М.,
Лагутина Н. В., Шаламов Д. И., 2023

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА

имени К. А. Тимирязева, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	6
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	8
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ НОРМИРОВАНИЯ. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ. ОБЪЕКТЫ НОРМИРОВАНИЯ	10
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2. ОВЛАДЕНИЕ ПОРЯДКОМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА (ИЗА, СИ И ИП), ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА	16
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3. ОВЛАДЕНИЕ ПОРЯДКОМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВЫХ ЦЕЛЕЙ	20
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4. ОВЛАДЕНИЕ ПОРЯДКОМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЦЕЛЕЙ (ПХЗ-10, ИЗВ)	24
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5. ОВЛАДЕНИЕ ПОРЯДКОМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОГО КОМБИНАТОРНОГО ИНДЕКСА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА	29
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6. ОВЛАДЕНИЕ ПОРЯДКОМ РАСЧЕТА ИНДЕКСА ПАНТЛЕ И БУККА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА БИОИНДИКАЦИОННЫМ МЕТОДОМ	44
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7. ОВЛАДЕНИЕ НОРМАТИВАМИ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОЧВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНО УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОЙ СИТУАЦИИ,	

ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЕДСТВИЯ	56
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8. ОВЛАДЕНИЕ НОРМАТИВАМИ В ОБЛАСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ РАДИАЦИОННО ЗАГРЯЗНЁННЫХ УЧАСТКОВ.....	63
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 9 ОВЛАДЕНИЕ МЕТОДИКОЙ РАСЧЁТА НОРМАТИВОВ ДОПУСТИМЫХ СБРОСОВ	72
ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ В ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ»	87
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	94
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	95

ПРЕДИСЛОВИЕ

Владение «нормативкой» — это, пожалуй, важнейшая компетенция эколога. Знание нормативной литературы, умение выбирать и/или рассчитывать нормативы, применять их для оценки экологической ситуации — это те компетенции и трудовые функции, которые потребуются на протяжении всего срока предстоящей трудовой деятельности, начиная со вступительного собеседования. Овладение нормативами позволяет выпускнику решать профессиональные задачи в области установления и контроля выполнения нормативов на предприятии, инженерно-экологических изысканий, экологического мониторинга, контроля, надзора, экспертизы.

Необходимость совершенствования и актуализации курсов дисциплин, связанных с экологическим нормированием, возникла в связи с реформой природоохранного и ресурсного законодательства, идущей с 2014 года (в т. ч. в части нового порядка учёта предприятий-природопользователей и дифференцирования мер по отношению к предприятиям разных категорий по негативному воздействию на окружающую среду — НВОС), а также в связи с колоссальными изменениями в количестве и структуре подзаконных нормативных документов санитарно-гигиенического и нормативно-технического видов (в частности, объединения ряда ГН и СанПиН в «увесистом» СанПиН 1.2.3685—21, утверждения новых методик расчёта предельно допустимых выбросов и сбросов — ПДВ и ПДС).

Содержание Практикума обеспечивает выполнение задач практической подготовки по курсу «Экологическое нормирование в природопользовании», актуализирует и дополняет материал учебного пособия «Нормирование и снижение загрязнённости окружающей среды», выпущенного в 2017 году [14].

Новый Образовательный стандарт для подготовки бакалавров ФГОС ВО по направлению 05.03.06 «Экология и природопользование» требует от

выпускника обладание знаниями в области информационно-методического обеспечения контрольно-надзорной деятельности, включая методы экологического нормирования, способности проводить расчётно-аналитические работы при нормировании воздействия на окружающую среду от действующих и проектируемых хозяйственных объектов.

В основу учебного пособия положен научно-практический материал, основанный на более чем двадцатилетнем опыте работы в автора в области эколого-правового, санитарно-гигиенического и нормативно-технического обеспечения природопользования [13], [14], [15], [16] и [17].

Содержание заданий практикума полностью соответствует тематике рабочей программы «Экологическое нормирование в природопользовании». Практикум включает указания по выполнению лабораторно-практических работ, в том числе краткий теоретический материал, цели и задачи, примеры выполнения, наборы исходных данных по вариантам и алгоритмы выполнения заданий. Имеется список литературы, включающий как библиографическое описание учебных пособий и электронных ресурсов, так и актуальных нормативно-правовых актов, нормативно-технических и санитарно-гигиенических документов. Практикум предваряется списком сокращений для облегчения понимания сокращений слов и устоявшихся аббревиатур.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АВ — атмосферный воздух	ПБ — промышленная безопасность
Биол. — биологический	ПДАН — предельно допустимая антропогенная нагрузка
БПК — биологическое потребление кислорода	
В(З)В — вредные (загрязняющие) вещества	ПДВ — предельно допустимый выброс
ВО — водный объект	ПДВВ — предельно допустимые вредные воздействия
ВОЗ — водоохранная зона	
ВСВ — временно согласованный выброс	ПДД — предельно допустимая доза
ВСС — временно согласованный сброс	ПДК — предельно допустимая концентрация
ГН — гигиенический норматив	пит. — питьевой
ГТС — гидротехническое сооружение	ПЗП — прибрежная защитная полоса
ЗСО — зона санитарной охраны	ПМООС — перечень мероприятий по ООС
ЗУ — земельный участок	ПНООЛР — проект нормативов образования отходов и лимитов их размещения
ИЗА — индекс загрязнения атмосферы	
ИЗВ — индекс загрязнения воды	ПДН — предельно допустимая нагрузка
ИИ — ионизирующее излучение	ПДУ — предельно допустимый уровень
ИИИ — источник ионизирующего излучения	ПТК — природно-территориальный комплекс
ИТС — информационно-технич. справочник	ПХЗ — показатель химического загрязнения
к.-б. — культурно-бытовой	РБ — радиационная безопасность
к.-р. — культурно-рекреационный	рекр. — рекреационной
КЭР — комплексное экол. разрешение	РФ — Российская Федерация
ЛД — летальная доза	р.-х. — рыбохозяйственный
ЛК — летальная концентрация	с. — санитарный
ЛПВ — лимитирующий признак (показатель) вредности	СЗЗ — санитарно-защитная зона
	с.-т. — санитарно-токсикологический
МО — микроорганизмы	с.-х. — сельскохозяйственный
МДН — максимально допустимая нагрузка	УКИЗВ — удельный комбинаторный индекс загрязнения воды
НВОС — негативное воздействие на ОС	
НДС — норматив допустимого сброса	ФВ — физическое воздействие
НДВ — норматив допустимого выброса	физ. — физический
НДТ — наилучшие доступные технологии	х.-б. — хозяйственно-бытовой
НМУ — неблагоприятные метеоусловия	хим. — химический
НТД — нормативно-технический документ	х.-п. — хозяйственно-питьевой
ОБУВ — ориентировочно безопасный уровень воздействия	хоз. — хозяйственный
	ХПК — химическое поглощение кислорода
Общ. — общесанитарный	ЧС — чрезвычайная ситуация
ОВОС — оценка воздействия на ОС	ЭБ — экологическое бедствие
ОДК — ориентировочно допустимая концентрация (количество)	экол. — экологический
	ЭМ — экологический мониторинг
ОДУ — ориентировочно допустимый уровень	ЭМИ — электромагнитное излучение
орг. — органолептический	ЭМИРЧ — ЭМИ радиочастотного диапазона
ООПТ — особо охраняемые природные территории	ЭМП — электромагнитное поле
	ЭН — экологический норматив
ОПС — окружающая природная среда	ЭП — электрическое поле
ОС — окружающая среда	ЭС — экологическая система
ООС — охрана окружающей среды	ЭЭД — эффективная эквивалентная доза

ОЭБ — обеспечение экол. безопасности	ЮЛ — юридическое лицо
--------------------------------------	-----------------------

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ НОРМИРОВАНИЯ. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ. ОБЪЕКТЫ НОРМИРОВАНИЯ

Цель и порядок выполнения

Цель: ознакомиться с основными понятиями в области нормирования, нормативными документами и объектами нормирования.

Задачи: скачать ФЗ «Об охране ОС» [1] в действующей редакции; изучить ст. 1 и ст. 19;

1) овладеть понятиями: «воздействие», «загрязнение», «истощение», «деградация», «экологическая ёмкость природной среды», «устойчивость»;

2) получить представление об объектах нормирования: «человек», «живое существо», «природный объект», «биом», «экосистема», «окружающая природная среда», «природа», «окружающая среда», «биосфера».

Понятия, формулы, требования и нормативные ссылки (*в конспекте*)

Нормативы в области охраны окружающей среды (ООС) — установленные нормативы качества ОС и нормативы допустимого воздействия на неё, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие (ст. 1 ФЗ «Об охране ОС»).

Под *воздействием* понимается антропогенная деятельность, связанная с реализацией экономических, хозяйственных, рекреационных интересов человека, и вносящая собой химические, физические и биологические изменения в ОПС. Типичные его формы — загрязнение, истощение и деградация.

Загрязнение ОПС — это антропогенное воздействие (физическое (физ.), химическое (хим.), биологическое (биол.) и др.), снижающее качество ОПС в результате хозяйственной или иной деятельности, превышающее установленные нормативы вредного воздействия на ОПС и создающее угрозу здоровью человека, его среде обитания, состоянию растительного и животного мира, материальным ценностям. Различают химическое, физическое, механическое, акустическое, тепловое и ароматическое загрязнение ОПС.

Истощение ОПС — полное либо частичное прекращение функций природных объектов, ОПС, потеря экономического, культурно-оздоровительного потенциала природного ресурса из-за антропогенного воздействия.

Деградация ОПС — это разрушение или существенное нарушение экологических связей в природе, обеспечивающих обмен вещества и энергии внутри неё, между природой и человеком, вызванное антропогенной деятельностью без учёта развития законов природы.

Вчитавшись в эти определения, можно понять, что с правовой точки зрения «загрязнением» считается только такое воздействие, которое является сверхнормативным. Если предприятие оказывает воздействие на природу в пределах установленных для него нормативов, то такое воздействие загрязнением с правовой точки зрения не является (хотя с физической точки зрения привнесение в ОС химических либо биологических агентов, энергии либо излучения, конечно, происходит). То же самое можно сказать и об истощении с деградацией. Истощение — это количественное сокращение ресурса. Например, при излишне большом изъятии воды из реки или озера жизненное пространство гидробионтов сокращается, и их со временем становится пропорционально меньше. Аналогичные проблемы с уплотнением в своих «квартирах» испытывают лесные обитатели в случае сплошных рубок.

Деградация есть нарушение связей внутри экосистемы. Структура — это элементы системы плюс связи между ними. В системном анализе доказано, что количество связей между элементами уменьшается быстрее, чем уменьшается количество элементов. Так, исчезновение травоядного вида вызывает голод у хищника и одновременно перестаёт сдерживать рост растений. С изменением структуры в некий критический момент теряется устойчивость системы. Следует иметь в виду, что нарушение может быть вызвано и естественными причинами. Примером самозагрязнения ОС является извержение вулкана, а примером деградации — зарастание русла реки или заболачивание озера. Но в условиях антропогенного гнёта естественные процессы ускоряются (например, если в водоохранной зоне (ВОЗ) пасли скот).

Таким образом, ФЗ «Об ООС» определяет негативное воздействие как «воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества ОС». В международной практике под воздействием на ОС понимают «любое отрицательное или положительное изменение в ОС, полностью или частично являющееся результатом деятельности организации, её продукции или услуг».

Природный объект — это составная часть ОПС, характеризующаяся тремя признаками:

- 1) это объект естественного природного происхождения;
- 2) он не имеет стоимости как совокупности затрат необходимого общественного труда;
- 3) наличествуют устойчивые экологические связи с ОПС.

Деградация природной системы наступает тогда, когда ОПС претерпевает социально-экономическую нагрузку такого уровня, при которой происходит существенное нарушение выполняемых ею функций жизнеобеспечения, т.е. когда антропогенная нагрузка превышает экологическую ёмкость ОПС и разрушается её система саморегуляции. *Экологическая ёмкость ОПС* — это её естественная способность

сопротивляться внешним воздействиям без существенного нарушения структурных и функциональных связей и восстанавливаться в полном объеме при минимизации фактора воздействия.

ОПС — это синоним биосферы, являющейся местом, средством и способом существования человека и всех др. форм жизни. В широком смысле *ОПС* — это *природа* как совокупность естественных экологических систем. Под *ОС* обычно понимают ту часть естественной среды обитания, которая преобразована его деятельностью. *Биосфера* — это высший ранг экосистемы.

Экосистема (*ЭС*) — это саморегулирующаяся, сложно иерархически организованная система, сформированная взаимодействием абиотических и биотических факторов, объединённых общим круговоротом вещества и энергии и состоящая из трёх трофических уровней: продуцентов, консументов (I и II порядка) и редуцентов. Качество *ОПС* характеризуется постоянным и неизменным круговоротом вещества и энергии внутри экосистемы, постоянным и неизменным обменом веществом и энергией между *биоценозами* и *ОПС* и полноценным воспроизводством жизни в настоящем и будущем поколениях. Вся энергия (Q), которая поступает в систему, обязательно будет переработана, она расходуется на продукцию (P), на обмен и на отходы:

$$Q = P + R + F\downarrow, \quad P = \frac{\Delta m}{\Delta \tau}, \quad A = P + R,$$

где: m — биомасса в момент времени τ , R — затраты на обмен (в т. ч. на дыхание); F — отходы (неассимилированная часть); A — ассимилированная часть энергии вещества. Продукция максимальна в начале жизни, и минимальна — в конце жизни (в конце жизни $P \rightarrow 0$, $R \rightarrow 0$, $Q \rightarrow F$).

Биом — совокупность сходных *ЭС* в одной природно-климатической зоне.

Водосборный бассейн — это естественный природный выдел, объединенный общим гидрологическим стоком поверхностных и подземных вод. На его территории расположены гидравлически связанные водные

объекты (ВО). Нормирование нагрузок на него (в т. ч. лимитов забора воды, нормативов допустимого сброса) осуществляется с учётом совокупного воздействия на него всеми природопользователями и ассимилирующей способности ВО.

Говоря об объектах природопользования и природоохранного обустройства, нельзя не остановиться на ландшафтах и их *частях* (рис. 1.1). Дело в том, что разные его зоны по-разному реагируют на загрязнение, и эти особенности следует учитывать при установлении предельно допустимой нагрузки (ПДН).

Ландшафт — это естественный природный выдел, объединенный общим геологическим происхождением и литологической основой, которая формирует особенности видового разнообразия и продукционный потенциал данного ландшафта. В его профиле выделяется *автономная часть*, занимающая наивысшее положение в рельефе, с минимальными уклонами и подверженная лишь атмосферному выпадению ЗВ. Средняя часть — *транзитная*. Загрязнения сюда приходят сверху, но благодаря уклону в

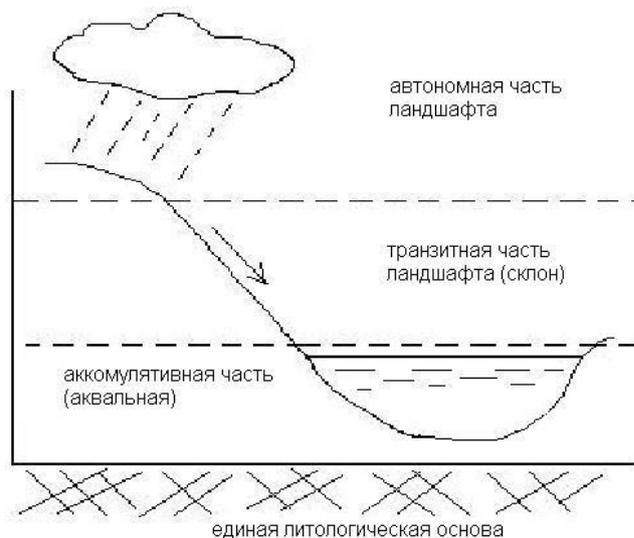


рис. 1.1. Строение ландшафта в профиле

основном транспортируется дальше вниз. Пониженная часть — аккумулятивная (*аквальная*) — озёра и моря с высоким потенциалом загрязнения, т. к. часто они — конечная точка маршрута воздействия.

В плане ландшафт делится на *урочища*. Их выделяют по земельным угольям (лес, луг, болото).

Урочища состоят из *фаций*, которые выделяют по доминантным видам растений (так, в смешанном лесу можно встретить группы из нескольких деревьев одного вида — ельник, березняк и др.).

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2.
ОВЛАДЕНИЕ ПОРЯДКОМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА (ИЗА, СИ и НП),
ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ
МОНИТОРИНГА

Цель и порядок выполнения

Цель: научиться выбирать значения ПДК, рассчитывать ИЗА, совместно применять ИЗА, СИ и НП.

Задачи.

- 1) Ознакомиться с системами ПДК загрязнителей воздуха.
- 2) Ознакомиться с порядком расчёта ИЗА. Изучить требования РД 52.04.186-89 [2] и РД 52.04.667-2005 [3].
- 3) Проанализировать задание и выбрать из СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (с изменениями на 30 декабря 2022 года) необходимые сведения о значениях ПДК и классах опасности [4].

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375839/?ysclid=lp3sqxwb7b235815972

Предварительно проверить, не внесены ли в данный документ изменения!

- 4) Выполнить расчёты индивидуальных (парциальных) ИЗА и комплексного ИЗА.
- 5) Оценить качество воздуха с учетом ИЗА, СИ и НП.

Понятия, формулы, требования и нормативные ссылки (в конспект)

Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) характеризует уровень хронического загрязнения. Вычисляется для каждого города и за каждый год.

ИЗА парциальный I_i и ИЗА комплексный $I(n)$ вычисляются как:

$$I_i = \left(\frac{q_{\text{ср},i}}{\text{ПДК}_{\text{с.с},i}} \right)^{C_i} \quad \text{и} \quad I(n) = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_{\text{ср},i}}{\text{ПДК}_{\text{с.с},i}} \right)^{C_i},$$

где: $q_{\text{ср},i}$ — среднее арифметическое значение разовых или среднесуточных концентраций i -го вещества, измеренных в течение года; C_i — безразмерная константа, позволяющая привести степень вредности i -го вещества к вредности сернистого газа; $C_i = 0,85; 1,0; 1,3; 1,5$ соответственно для 4, 3, 2, 1 классов опасности веществ; $\text{ПДК}_{\text{с.с},i}$ — среднесуточная ПДК i -го вещества.

Выбор m веществ (обычно 5) для расчета $I(n)$ производится с помощью предварительно составленного убывающего вариационного ряда величин I_i .

СИ (стандартный индекс) — наибольшая, измеренная за короткий период времени, концентрация примеси, деленная на $\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$:

$$\text{СИ} = \frac{q_{\text{м}}}{\text{ПДК}},$$

где $q_{\text{м}}$ — наибольшая разовая концентрация. Она определяется из данных наблюдений на посту за одной примесью или на всех постах — за всеми.

Повторяемость концентраций примеси в воздухе выше заданного уровня ($g, g_1, g_2, \%$) вычисляется как:

$$g = \frac{m}{n} \cdot 100 \%, \quad g_1 = \frac{m_1}{n} \cdot 100 \% \quad \text{и} \quad g_2 = \frac{m_2}{n} \cdot 100 \%,$$

где m, m_1 и m_2 — количество превышений разовыми концентрациями на посту (станции) или всех постах города уровня 1 ПДК, 5 ПДК, 10 ПДК.

НП – наибольшая повторяемость (в процентах) превышения $\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$ любым веществом в городе.

Уровень загрязнения считается:

низким при ИЗА от 0 до 4, СИ от 0 до 1, НП = 0 %;

повышенным при ИЗА от 5 до 6, СИ от 2 до 4, НП от 1 до 19 %;

высоким при ИЗА от 7 до 13, СИ от 5 до 10, НП от 20 до 49 %;

очень высоким при ИЗА ≥ 14 , СИ > 10 , НП > 50 %.

Если ИЗА, СИ и НП попадают в разные градации, то степень загрязнения атмосферы оценивается по ИЗА.

Упражнение

Исходные данные: представлены в таблице 2.1.

Требуется: вычислить комплексный ИЗА и сделать вывод о качестве воздуха с учётом СИ и НП.

Таблица 2.1

Исходные данные. Среднее арифметическое значение среднесуточных концентраций загрязнителей, измеренных в течение года в атмосфере, мг/м³; СИ, безразмерная величина; НП, %

Вариант	Углерода оксид	Серы диоксид	Озон	Азота оксид	Азота диоксид	Фтористые соединения (газообразные, в пересчёте на фтор)	Аммиак	Ртуть	СИ	НП
1	2	0,03	0,02	0,03	0,02	0,001	0,02	0,0008	3,1	25
2	4	0,03	0,01	0,08	0,06	0,003	0,01	0,0001	2,4	12
3	1	0,02	0,01	0,02	0,01	0,001	0,12	0,0001	4,2	2
4	3	0,15	0,01	0,05	0,03	0,002	0,01	0,0001	3,9	17
5	3	0,03	0,01	0,08	0,06	0,002	0,07	0,0001	2,4	22
6	1	0,03	0,02	0,03	0,02	0,001	0,01	0,0006	3,1	2
7	6	0,03	0,01	0,09	0,12	0,003	0,01	0,0001	3,9	27
8	1	0,01	0,02	0,03	0,03	0,001	0,15	0,0001	4,4	10
9	3	0,12	0,01	0,05	0,03	0,002	0,01	0,0002	3,1	10
10	3	0,03	0,01	0,1	0,07	0,002	0,09	0,0001	2,9	29

Исходные данные. Среднее арифметическое значение среднесуточных концентраций загрязнителей, измеренных в течение года в атмосфере, мг/м³; СИ, безразмерная величина; НП, %

Вариант	Углерода оксид	Серьдиоксид	Озон	Азота оксид	Азота диоксид	Фтористые соединения (газообразные, в пересчёте на фтор)	Аммиак	Ртуть	СИ	НП
11	2	0,03	0,02	0,05	0,03	0,001	0,02	0,0005	2,4	2
12	8	0,03	0,01	0,09	0,07	0,003	0,01	0,0001	3,1	29
13	1	0,02	0,01	0,05	0,04	0,001	0,15	0,0001	4,3	15
14	2	0,17	0,01	0,05	0,03	0,002	0,03	0,0002	4,2	27
15	3	0,03	0,01	0,12	0,08	0,002	0,09	0,0001	3,1	36
16	2	0,05	0,02	0,03	0,02	0,002	0,01	0,0009	3,8	33
17	4	0,04	0,01	0,04	0,7	0,003	0,01	0,0001	20	50
18	0,5	0,005	0,02	0,06	0,05	0,001	0,18	0,0001	5	25
19	4	0,14	0,01	0,05	0,03	0,002	0,01	0,0002	3,5	24
20	3	0,03	0,01	0,13	0,08	0,002	0,08	0,0001	2,5	31
21	2	0,03	0,02	0,03	0,02	0,006	0,02	0,0001	1,8	2
22	4	0,03	0,01	0,08	0,06	0,008	0,01	0,0001	2,2	25
23	1	0,02	0,01	0,02	0,01	0,008	0,05	0,0001	1,9	2
24	3	0,08	0,01	0,05	0,03	0,01	0,01	0,0001	2,5	22
25	3	0,03	0,01	0,08	0,06	0,006	0,07	0,0001	2,2	31
26	1	0,03	0,02	0,03	0,02	0,022	0,01	0,0002	4,9	34
27	6	0,03	0,02	0,03	0,02	0,001	0,02	0,0001	3,1	2
28	8	0,03	0,02	0,05	0,05	0,001	0,02	0,0001	3,2	11
29	5	0,03	0,02	0,06	0,04	0,001	0,02	0,0001	2,2	3
30	12	0,04	0,02	0,05	0,04	0,001	0,02	0,0001	4,8	28

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3.
ОВЛАДЕНИЕ ПОРЯДКОМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД,
ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ
ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВЫХ ЦЕЛЕЙ

Цель и порядок выполнения

Цель: научиться выбирать из нормативного документа значения ПДК, ЛПВ, классов опасности загрязняющих веществ, оценивать загрязнённость сопоставлением фактических концентраций с ПДК и по присутствию нескольких схожих загрязнителей.

Объект — участок реки хозяйственно-питьевого использования.

Задачи.

1) Ознакомиться с системами ПДК водных объектов в зависимости от целей водопользования.

2) Ознакомиться с классами опасности загрязняющих веществ и показателями, в зависимости от которых они определяются.

3) Ознакомиться с понятием лимитирующий показатель (признак) вредности.

4) Ознакомиться с требованием непревышения суммой отношений концентраций к ПДК для веществ с санитарно-токсикологическим признаком вредности 1-го и 2-го классов опасности в водах, предназначенных для хозяйственно-питьевых нужд, единицы:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1$$

5) Проанализировать условие задачи и выбрать из СанПин 1.2.3685-21 необходимые сведения о значениях ПДК, классах опасности и ЛПВ.

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375839/?ysclid=lp3sqxwb7b235815972

б) Оценить качество воды по каждому ингредиенту с помощью ПДК по критерию нормы:

$$\frac{C}{ПДК} \leq 1.$$

7) При обнаружении веществ 1-го и 2-го классов опасности, имеющих санитарно-токсикологический ЛПВ, выполнить проверку условия

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1$$

и сделать вывод о соответствии требованиям к качеству природных вод для хозяйственно-питьевой цели водопользования.

Понятия, формулы, требования и нормативные ссылки (в конспект)

Для х.-п. и к.-б. водных объектов класс опасности необходимо учитывать при оценке качества проб воды в случае, если в одной пробе оказалось несколько химических веществ, относящихся к I и II классу опасности, нормируемых по с.-т. ЛПВ. Сумма отношений концентраций каждого из них к величине его ПДК не должна быть больше единицы:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1$$

Согласно Приказу Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 29 декабря 2020 г. № 1118 «Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей» (извлечение, п. 7):

7. Для веществ, относящихся к 1 и 2 классам опасности, обладающих однонаправленным механизмом токсического действия, в том числе канцерогенным, при их одновременном присутствии в максимально

загрязненной струе контрольного створа для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, НДС определяются так, чтобы для веществ с одинаковым лимитирующим показателем вредности (далее — ЛПВ), содержащихся в воде водного объекта, сумма отношений концентраций каждого вещества 1 и 2 классов опасности к соответствующим предельно допустимым концентрациям (далее — ПДК) не превышала 1.

Упражнение

Исходные данные: представлены в таблицах 3.1 и 3.2.

Требуется: оценить качество воды по каждому ингредиенту с помощью ПДК по критерию нормы:

$$\frac{C}{ПДК} \leq 1;$$

при обнаружении веществ 1-го и 2-го классов опасности, имеющих санитарно-токсикологический ЛПВ, выполнить проверку условия

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1$$

и сделать вывод о соответствии требованиям к качеству природных вод для хозяйственно-питьевой цели водопользования.

Таблица 3.1

Задание для нечётных вариантов (тому, кто ранее делал вар. 1, 3 и т. д.).

Данные по р. Клязьма (пост — ниже г. Щёлково)

вещества	Фактическая измеренная концентрация	Размерность	Класс опасности	ПДК	ЛПВ
Фенолы	0,022	мг/л			
Нефтепродукты	2,29	мг/л			
Аммиак и аммоний-ион /по азоту/	7,2	мг/л			
Нитриты /по NO ₂ /	0,802	мг/л			
Нитраты /по NO ₃ /	7,36	мг/л			
Фосфор	1,545	мг/л			
Медь	0,019	мг/л			
Формальдегид	0,180	мг/л			

Таблица 3.2

Задание для чётных вариантов (тому, кто ранее делал вар. 2, 4, 6 и т. д.)

Данные по р. Пахра (пост — г. Подольск)

вещества	Фактическая измеренная концентрация	Размерность	Класс опасности	ПДК	ЛПВ
Фенолы	0,019	мг/л			
Нефтепродукты	0,62	мг/л			
Аммиак и аммоний-ион /по азоту/	10,8	мг/л			
Нитриты /по NO ₂ /	0,47	мг/л			
Нитраты /по NO ₃ /	8,88	мг/л			
Фосфор	1,527	мг/л			
Медь	0,023	мг/л			
Формальдегид	0,115	мг/л			

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4.
ОВЛАДЕНИЕ ПОРЯДКОМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД,
ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ
РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЦЕЛЕЙ (ПХЗ-10, ИЗВ)

Цель и порядок выполнения

Цель: научиться выбирать значения ПДК, ЛПВ, классов опасности загрязняющих веществ для водных объектов рыбохозяйственного использования, рассчитывать показатель химического загрязнения (ПХЗ-10) и индекс загрязнения воды (ИЗВ).

Объект – участок реки рыбохозяйственного использования.

Задачи.

1) Ознакомиться с порядком расчета ПХЗ-10 (См. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон ЧЭС и зон ЭБ (утв. Минприроды РФ 30.11.1992 [6]). Переписать в конспект и использовать для оформления отчёта за ЛПР 4 формулы, требования и нормативные ссылки, представленные ниже.

2) Проанализировать задание и выбрать из Приказа Минсельхоза России от 13.12.2016 N 552 «Об утверждении нормативов качества воды ВО р.-х. значения, в т. ч. нормативов ПДК» (ред. от 10.03.2020) [7] необходимые сведения о значениях ПДК, классах опасности и ЛПВ.

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_211155/?ysclid=lp3taj40zl719161040

Предварительно проверить, не внесены ли в данный документ изменения!

3) Выполнить расчет ПХЗ-10. Сначала вычислить отношение $C_i/\text{ПДК}_i$ для всех ингредиентов, кроме O_2 и БПК_5 , которые в этом расчёте не участвуют. Далее просуммировать 10 наибольших отношений:

$$ПХЗ-10 = \sum_{i=1}^{10} \frac{C_i}{ПДК_i}$$

4) Сделать вывод об экологической ситуации по ПХЗ-10.

5) Ознакомиться с порядком расчета ИЗВ. Переписать в конспект и использовать для оформления отчёта формулы, требования и нормативные ссылки, приведённые ниже.

6) Выполнить расчет ИЗВ:

$$ИЗВ = \frac{1}{6} \left(\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \frac{C_3}{ПДК_3} + \frac{C_4}{ПДК_4} + \frac{БПК_5}{нормативБПК_5} + \frac{нормативO_2}{C_{O_2}} \right)$$

Не забыть перевернуть дробь с кислородом!

7) Сделать вывод об экологической ситуации по ИЗВ.

Понятия, формулы, требования и нормативные ссылки и справочные данные (в конспект)

Показатель химического загрязнения (ПХЗ-10) вычисляется по 10 ингредиентам, превышающим ПДК (для рыбохозяйственных водных объектов) в наибольшее число раз:

$$ПХЗ-10 = \sum_{i=1}^{10} \frac{C_i}{ПДК_i} .$$

В таблице 4.1 представлены диапазоны значений ПХЗ-10, соответствующие различным экологическим ситуациям.

Таблица 4.1

Критерии оценки по ПХЗ-10 для ЗВ разных классов опасности [6]

Экологическая ситуация	Классы 1 и 2	Классы 3 и 4
1. Экологическая норма	до 1	до 10
2. Удовлетворительная ситуация	от 1 до 35	от 10 до 50
3. Чрезвычайная экологическая ситуация	от 35 до 80	от 50 до 500
4. Экологическое бедствие	свыше 80	свыше 500

Индекс загрязненности вод (ИЗВ) вычисляется по 6 ингредиентам: 4 веществам с наибольшими превышениями ПДК, органическим веществам, определяемым по биохимическому потреблению кислорода за 5 суток (БПК₅) и O₂ (см. «Методические Рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям». М.: Госкомитет СССР по гидрометеорологии, 1988 [8]):

$$ИЗВ = \frac{1}{6} \left(\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \frac{C_3}{ПДК_3} + \frac{C_4}{ПДК_4} + \frac{БПК_5}{нормативБПК_5} + \frac{нормативO_2}{C_{O_2}} \right),$$

где C_i — концентрация каждого из 6 ингредиентов.

БПК показывает то количество растворённого O₂, которое необходимо для окисления легко окисляемой органики. Нормативы БПК даны в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Норма для БПК₅, учитываемая при расчете ИЗВ [8]

Показатель БПК ₅ (мгO ₂ /л)	Норма
до 3 мг/л включительно	3
от 3 до 15 мг/л	2
более 15 мг/л	1

Концентрация растворенного кислорода нормируется с точностью до наоборот, т.к. O₂ — вещество полезное (в большом количестве необходимое для дыхания гидробионтов, окисления мёртвой органики и т.д.); его содержание в пробе не должно быть ниже 4 мг/дм³ (табл. 4.3):

Таблица 4.3

Норма для растворенного кислорода, учитываемая при расчёте ИЗВ [8]

Концентрация (мгO ₂ /л)	Норма	Концентрация (мгO ₂ /л)	Норма
более 6	6	от 3 до 2	40
от 6 до 5	12	от 2 до 1	50
от 5 до 4	20	от 1 до 0	60
от 4 до 3	30		

По значениям ИЗВ выделено 7 классов качества вод (или ВО) — от «очень чистых» до «чрезвычайно грязных» (табл. 4.4).

Критерии оценки по ИЗВ [8]

Классы качества воды	Величина ИЗВ	Классы качества воды	Величина ИЗВ
1. Очень чистая	менее 0,3	5. Грязная	4...6
2. Чистая	0,3...1	6. Очень грязная	6...10
3. Умеренно загрязнённая	1...2,5	7. Чрезвычайно грязная	более 10
4. Загрязнённая	2,5...4		

Упражнение

Исходные данные: представлены в таблице 4.5.

Требуется: оценить качество воды по ПХЗ-10 и ИЗВ.

Таблица 4.5

Исходные данные. Измеренные концентрации 15 приоритетных веществ, кислорода и БПК₅, мг/л

Вариант	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Cu	Zn	Фенолы	Cr ³⁺	Нефтепродукты	O ₂	БПК ₅
1	1,76	0,064	1,98	0,07	91,18	13,72	30,18	8,05	0,7	68,2	0,012	0,024	0,003	0	0,57	13,032	6,516
2	1,67	0,017	1,72	0,1	71	18,78	24,28	7,82	2,93	63,25	0,005	0,01	0,005	0	0,1	12,06	4,824
3	1,998	0,023	1,56	0,06	87,4	2,19	29,47	5,98	1,95	28,4	0,005	0,027	0,005	0	0,087	8,62	3,448
4	1,282	0,017	1,64	0,07	69,2	17,69	30,67	2,3	1,95	21,5	0,145	0,003	0,004	0	0,013	11,54	4,616
5	0,95	0,011	0,58	0,22	60	12,55	11,72	4,6	2	24,2	0,01	0,049	0,003	0	0,76	12,46	4,984
6	0,06	0,024	0,67	0,11	71,5	12,12	7,45	2,3	0,9	60,0	0,145	0,003	0,004	0	0,1	14,72	5,888
7	1,6	0,02	0,8	0,25	67,6	8	8,52	4,6	4,22	46,8	0,01	0,049	0,004	0	0,07	10,34	4,136
8	0,12	0,009	0,67	0,22	65,85	11,04	11,36	9,2	2	21,5	0,015	0,027	0,003	0,01	0,16	7,944	4,600
9	0,18	0,055	0,6	0,13	60,22	8,83	6,39	1,15	0,9	28,6	0,021	0,019	0,004	0,01	0,43	4,872	1,9488
10	0,08	0,01	0,67	0,1	79,04	23,97	11	4,6	1,3	60,0	0,180	0,027	0,005	0,01	0,21	7,944	3,972
11	1,44	0,02	0,84	0,07	62	36,45	27,83	5,52	2,5	54,60	0,027	0,017	0,005	0	0,20	9,65	3,860
12	1,5	0,006	0,72	0,33	76	12,76	17,75	5,06	1,4	59,7	0,025	0,010	0,005	0,01	0,46	9,44	3,776
13	0,12	0,015	0,7	0,15	65,85	10,28	14,2	3,22	2	44,2	0,004	0,009	0,008	0,01	0,25	9,81	3,924
14	0,1	0,027	0,6	0,09	62	11,42	11,72	2,3	1,3	41,4	0,017	0,025	0,003	0	0,97	8,45	3,380
15	0,06	0,027	0,73	0,1	67,6	17,12	6,04	1,15	0,7	46,8	0,002	0,009	0,004	0,01	0,31	10,59	4,236
16	0,042	0,026	2,03	0,02	65,8	17,13	15,98	0,6	3,04	71,2	0,028	0,016	0,004	0,01	0,21	9,05	3,620
17	0,04	0,022	0,67	0,1	73,2	10,21	3,2	1,15	0,9	57,3	0,020	0,044	0,004	0	0,51	10,12	4,048
18	0,1	0,024	0,77	0,1	67,73	18,27	11,36	1,15	1,75	77,30	0,013	0,022	0,006	0,01	0,39	11,02	4,408
19	0,06	0,018	0,73	0,08	73,39	21,69	13,49	2,3	3	47,50	0,007	0,039	0,001	0,01	0,14	9,568	2,9472
20	0,1	0,022	0,67	0,12	71,5	23,95	18,46	2,3	2,75	42,10	0,016	0,014	0,001	0,01	0,19	11,488	5,5648
21	1,6	0,013	1,95	0,09	72,8	39,85	30,18	7,82	2,93	46,8	0,002	0,009	0,004	0,01	0,97	9,39	3,756
22	1,388	0,022	1,72	0,05	100,3	26,55	45,15	9,66	0,13	71,2	0,028	0,016	0,004	0,01	0,34	8,336	2,9472
23	0,926	0,018	1,56	0,05	66,53	16,14	32,77	6,4	2,93	57,3	0,020	0,044	0,004	0	0,51	4,872	0,9088
24	1,09	0,036	0,72	0,07	58	16,7	23,32	12,5	0,47	77,30	0,013	0,022	0,006	0,01	0,50	14,72	3,78
25	1,019	0,036	1,48	0,05	86,49	25,22	31,84	12,4	2,93	47,50	0,007	0,039	0,001	0,01	0,14	9,73	3,892
26	1,33	0,024	0,6	0,07	69	15,6	19,88	11,6	0,47	28,6	0,021	0,027	0,004	0	0,20	9,15	3,660
27	1,019	0,019	1,49	0,05	64,8	11,05	30,53	7,4	2,46	60,0	0,010	0,027	0,007	0,01	0,100	9,24	3,696
28	0,947	0,02	0,84	0,04	70	11,5	19,49	6,9	0,39	21,5	0,015	0,027	0,005	0,01	0,400	9,88	3,952

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5.
ОВЛАДЕНИЕ ПОРЯДКОМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОГО
КОМБИНАТОРНОГО ИНДЕКСА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ,
ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ
МОНИТОРИНГА

Цель и порядок выполнения

Цель: научиться рассчитывать удельный комбинаторный индекс загрязнения воды (УКИЗВ), оценивать загрязнённость природных вод.

Задачи.

- 1) Ознакомиться с методом комплексной оценки степени загрязнённости поверхностных вод по гидрохимическим показателям РД 52.24.643-2002 [9].
- 2) Ознакомиться примером расчёта УКИЗВ.
- 3) Выполнить расчёт УКИЗВ по данным предложенного варианта и оценить степень загрязнённости поверхностных вод.

**Понятия, формулы, требования и нормативные ссылки и справочные
данные (в конспекте)**

Коэффициент комплексности загрязнённости воды K показывает долю проблемных загрязнителей в общем числе ингредиентов пробы:

$$K_{fj} = \frac{N'_{fj}}{N_{fj}} \cdot 100 \% , \quad (5.1)$$

где K_{fj} – коэффициент загрязнённости воды в f -м результате анализа для j -го створа; N'_{fj} – количество нормируемых ингредиентов и показателей качества воды, содержание или значение которых превышает соответствующие им ПДК в f -м результате анализа для j -го створа; N_{fj} –

общее количество нормируемых ингредиентов и показателей качества воды, определённых в f -м результате анализа для j -го створа.

Повторяемость случаев превышения ПДК вычисляется по формуле:

$$\alpha_{ij} = \frac{n'_{ij}}{n_{ij}} \cdot 100 \% , \quad (5.2)$$

где n'_{ij} – число результатов анализа по i -му ингредиенту в j -м створе за рассматриваемый период времени, в которых содержание или значение их превышает соответствующие ПДК; n_{ij} – общее число результатов химического анализа за рассматриваемый период времени по i -му ингредиенту в j -м створе.

По значению повторяемости с помощью таблицы 5.1 линейной интерполяцией определяется частный оценочный балл по повторяемости $S_{\alpha_{ij}}$.

Таблица 5.1

Классификация водных объектов по повторяемости случаев загрязнённости

Повторяемость, %	Характеристика загрязнённости воды	Частный оценочный балл по повторяемости $S_{\alpha_{ij}}$	Доля частного оценочного балла, приходящаяся на 1% повторяемости
$[1^2; 10)^1$	Единичная	[1; 2)	0,11
[10; 30)	Неустойчивая	[2; 3)	0,05
[30; 50)	Характерная	[3; 4)	0,05
[50; 100)	Характерная	4	-

Примечания. 1. Здесь и далее интервалы обозначают следующим образом: число слева – начало интервала; число справа – конец; круглая скобка показывает, что стоящее при ней значение в интервал не входит; квадратная скобка – значение входит. 2. При значениях повторяемости < 1 принимают $S_{\alpha_{ij}} = 0$.

Кратность превышения ПДК по i -му ингредиенту в j -м створе в f -м результате анализа рассчитывается по формуле (5.3), а для O_2 – по формуле (5.4):

$$\beta_{ifj} = \frac{C_{ifj}}{ПДК_i} , \quad (5.3)$$

$$\beta_{O_2fj} = \frac{ПДК_{O_2}}{C_{O_2fj}} . \quad (5.4)$$

Среднее значение кратности превышения ПДК вычисляется только по тем пробам, где есть нарушение нормативов:

$$\bar{\beta}'_{ij} = \frac{\sum_{f=1}^{n'_{ij}} \beta_{ijf}}{n'_{ij}} . \quad (5.5)$$

По значениям средней кратности превышения ПДК с помощью таблицы 5.2 определяют частный оценочный балл $S_{\beta_{ij}}$.

Таблица 5.2

Классификация воды водных объектов по кратности превышения ПДК

Кратность превышения ПДК	Характеристика уровня загрязнённости воды	Частный оценочный балл по кратности превышения ПДК $S_{\beta_{ij}}$	Доля оценочного балла, приходящаяся на единицу кратности превышения ПДК
(1; 2)	Низкий	[1; 2)	1,00
[2; 10)	Средний	[2; 3)	0,125
[10; 50)	Высокий	[3; 4)	0,025
[50; ∞)	Экстремально высокий	4	0,025

Примечание. Для O_2 используют условные градации кратности уровня загрязнённости: (1; 1,5] – низкий; (1,5; 2] – средний; (2; 3] – высокий; (3; ∞] – экстремально высокий. Если концентрация равна 0, для расчёта условно принимают её 0,01 мг/дм³.

Обобщённый оценочный балл представляет собой произведение частных оценочных баллов:

$$S_{ij} = S_{\alpha_{ij}} \cdot S_{\beta_{ij}} . \quad (5.6)$$

Комбинаторный индекс загрязнённости воды (КИЗВ) S_j в створе j представляет собой сумму обобщённых оценочных баллов по каждому ингредиенту:

$$S_j = \sum_{i=1}^{N_j} S_{ij} . \quad (5.7)$$

Удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды (УКИЗВ) вычисляется по формуле (5.8) и служит для определения класса качества воды:

$$S'_j = \frac{S_j}{N_j} . \quad (5.8)$$

где N_j – число учитываемых при оценке ингредиентов.

Класс воды определяют с помощью таблицы (5.3) по расчётному значению УКИЗВ с учётом коэффициента запаса k (k вычисляют только при $F \leq 5$):

$$k = 1 - 0,1F, \quad (5.9)$$

где F – число критического показателя загрязнённости F (КПЗ) воды, представляющее собой количество ингредиентов с $S_{ij} \geq 9$.

Таблица 5.3

Классификация качества воды водотоков по значению УКИЗВ

Класс	Характеристика состояния загрязнённости воды	Удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды					
		без учёта числа КПЗ	в зависимости от числа учитываемых КПЗ				
			1 ($k=0,9$)	2 ($k=0,8$)	3 ($k=0,7$)	4 ($k=0,6$)	5 ($k=0,5$)
1-й	условно чистая	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
2-й	слабозагрязнённая	(1; 2]	(0,9; 1,8]	(0,8; 1,6]	(0,7; 1,4]	(0,6; 1,2]	(0,5; 1,0]
3-й	загрязнённая	(2; 4]	(1,8; 3,6]	(1,6; 3,2]	(1,4; 2,8]	(1,2; 2,4]	(1,0; 2,0]
разряд “а”	загрязнённая	(2; 3]	(1,8; 2,7]	(1,6; 2,4]	(1,4; 2,1]	(1,2; 1,8]	(1,0; 1,5]
разряд “б”	очень загрязнённая	(3; 4]	(2,7; 3,6]	(2,4; 3,2]	(2,1; 2,8]	(1,8; 2,4]	(1,5; 2,0]
4-й	грязная	(4; 11]	(3,6; 9,9]	(3,2; 8,8]	(2,8; 7,7]	(2,4; 6,6]	(2,0; 5,5]
разряд “а”	грязная	(4; 6]	(3,6; 5,4]	(3,2; 4,8]	(2,8; 4,2]	(2,4; 3,6]	(2,0; 3,0]
разряд “б”	грязная	(6; 8]	(5,4; 7,2]	(4,8; 6,4]	(4,2; 5,6]	(3,6; 4,8]	(3,0; 4,0]
разряд “в”	очень грязная	(8; 10]	(7,2; 9,0]	(6,4; 8,0]	(5,6; 7,0]	(4,8; 6,0]	(4,0; 5,0]
разряд “г”	очень грязная	(8; 11]	(9,0; 9,9]	(8,0; 8,8]	(7,0; 7,7]	(6,0; 6,6]	(5,0; 5,5]
5-й	экстремально грязная	(11; ∞]	(9,9; ∞]	(8,8; ∞]	(7,7; ∞]	(6,6; ∞]	(5,5; ∞]

Пример выполнения

В таблицу 5.4 помещают измеренные концентрации, ПДК. Ввиду того, что верховья Немана в примере имеют рыбохозяйственное значение, и в соответствии со сложившейся практикой, установленной при оценке качества поверхностных вод суши, в примере приняты наиболее строгие нормативы из рыбохозяйственной и хозяйственно-питьевой систем ПДК [9].

Предварительная оценка степени загрязнённости воды водных объектов с помощью коэффициента комплексности загрязнённости воды

Для каждого результата анализа (для каждой пробы воды) определяют число ингредиентов из суммы всех учитываемых, по которым есть данные. Опытным путем установлено, что для сопоставимости результатов анализа различие по количеству учитываемых при расчете K ингредиентов не должно превышать 30 %. В нашем примере разность между количеством учитываемых и определенных ингредиентов во всех пробах воды не превышает 30 % (все ингредиенты определены), что позволяет перейти непосредственно к расчету K . В нашем примере 8 июня определено 17 ингредиентов ($N_{ff}=17$). По 6-ти из них наблюдались превышения ПДК ($N'_{ff}=6$). Следовательно, $K_{ff} = (6/17) \cdot 100 \% = 35,3 \%$. Аналогично проводят расчет по результатам анализа за все остальные даты отбора проб воды. В итоге получают вариационный ряд значений K : 35,3; 35,3; 35,3; 35,3; 35,3 %. Ранжированный ряд получают, располагая коэффициенты загрязнённости по возрастанию, но в силу того, что на данном створе K по всем датам равны, он совпадает с вариационным. Для полученного ряда определяют следующие статистические показатели: $K_{min} = K_{max} = K_{cp} = 35,3 \%$. Размах вариаций $R_K = K_{max} - K_{min} = 0 \%$.

Выводы. Вода реки Неман в створе 14 обладала в течение всего анализируемого периода высокой комплексностью загрязнённости. 35,3 % ингредиентов стабильно являлись загрязняющими — медь, фенолы, нефтепродукты, аммонийный азот, цинк и легкоокисляемые органические вещества (по БПК₅). Химический состав воды практически не подвержен изменениям в течение года — размах варьирования коэффициента комплексности (R_K) составил 0 %. Т.к. $K \geq 10 \%$, комплексность загрязнения следует признать высокой. Поэтому для оценки степени загрязнённости воды реки в створе 14 целесообразно использовать комплексный метод, учитывающий одновременно всю совокупность загрязняющих воду веществ (расчёт КИЗВ).

Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды

Расчёт обобщённых оценочных баллов по каждому ингредиенту представлен в табл. 5.5.

Таблица 5.4

Гидрохимическая информация о загрязненности воды реки Неман в створе 14

Дата	Концентрация ингредиентов и показателей химического состава и свойств воды, мг/дм ³																	N _{гг}	N' _{гг}	K _{гг} %
	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Cu	Zn	Фен.	Cr ³⁺	Неф.	O ₂	БПК ₅			
8.VI	1,019	0,019	1,49	0,05	64,8	11,05	30,53	7,4	2,457	60,0	0,010	0,027	0,007	0,009	0,100	9,24	3,696	17	6	35,3
17.VII	1,82	0,014	0,6	0,051	71,2	10,9	11	6,9	2,73	57,3	0,010	0,019	0,004	0,009	0,400	7,49	2,996	17	6	35,3
16.VIII	1,11	0,013	1,09	0,04	81,4	15,7	26,27	10,3	1,95	55,5	0,022	0,026	0,009	0,008	0,400	7,99	3,196	17	6	35,3
8.II	3,103	0,017	1,72	0,04	95	5,83	54,36	12,88	0,945	51,7	0,018	0,024	0,014	0,009	0,440	12,33	4,932	17	6	35,3
8.IV	2,672	0,033	1,797	0,052	72,34	15,012	46,68	12,5	0,567	62,4	0,027	0,024	0,005	0,01	0,400	11,66	4,664	17	6	35,3
ПДК	40	0,08	0,5	0,15	180	40	300	120	50	100	0,001	0,01	0,001	0,07	0,05	6	2			

Таблица 5.5

Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды реки P в створе 14

Ингредиенты и показатели загрязненности	n _i	n' _i	$\alpha_i = \frac{n'_i}{n_i} \cdot 100 \%$	S _{α_i}	$\sum \beta'_i = \sum_{i=1}^{n'_i} \frac{C_i}{ПДК_i}$	$\bar{\beta}'_i = \frac{\sum \beta'_i}{n'_i}$	S _{β_i}	S _i = S _{α_i} · S _{β_i}
NO ₃ ⁻	5	-	-	-	-	-	-	-
NO ₂ ⁻	5	-	-	-	-	-	-	-
NH ₄ ⁺	5	5	100	4	3,0 + 1,2 + 2,2 + 3,4 + 3,6 = 13,4	2,68	2,09	8,36
PO ₄ ³⁻	5	-	-	-	-	-	-	-
Ca ²⁺	5	-	-	-	-	-	-	-
Mg ²⁺	5	-	-	-	-	-	-	-
Cl ⁻	5	-	-	-	-	-	-	-
Na ⁺	5	-	-	-	-	-	-	-
K ⁺	5	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ²⁻	5	-	-	-	-	-	-	-
Cu	5	5	100	4	10 + 10 + 22 + 18 + 27 = 87	17,4	3,19	12,8
Zn	5	5	100	4	2,7 + 1,9 + 2,6 + 2,4 + 2,4 = 12	2,4	2,05	8,20
Фен.	5	5	100	4	7,0 + 4,0 + 9,0 + 14 + 5,0 = 39	7,8	2,73	10,9
Cr ³⁺	5	-	-	-	-	-	-	-
Неф.	5	5	100	4	2,0 + 8,0 + 8,0 + 8,8 + 8,0 = 34,8	6,96	2,62	10,5
O ₂	5	-	-	-	-	-	-	-
БПК ₅	5	5	100	4	1,8 + 1,5 + 1,6 + 2,5 + 2,3 = 9,7	1,94	1,94	7,76

Определение $S_{\beta i}$, как и определение $S_{\alpha i}$, проводят с учетом линейной интерполяции. Например: $\beta'_{\text{NH}_4^+} = 2,68$. Согласно табл. 5.2, соответствующий этому значению балл находится между двумя и тремя. Доля частного оценочного балла, приходящаяся на единицу β'_i , в этих пределах составляет 0,125. Чтобы получить значение балла по $\beta'_{\text{NH}_4^+}$, необходимо к двум прибавить число, полученное в результате действия

$$0,68 \cdot 0,125 = 0,085, \text{ тогда } S_{\beta \text{NO}_2} = 2 + 0,085 = 2,09.$$

Значение КИЗВ S_{14} в створе 14 рассчитывается по формуле (5.7):

$$S_{14} = 8,36 + 12,8 + 8,20 + 10,9 + 10,5 + 7,76 = 58,52.$$

Значение УКИЗВ S'_{14} в створе 14 рассчитывается по формуле (5.8):

$S'_{14} = S_{14}/N_{14} = 58,42 / 17 = 3,44$. Т. к. веществ с обобщенным оценочным баллом $S_i \geq 9$ три (медь, фенолы, нефтепродукты), то число КПЗ воды $F = 3$. Коэффициент запаса k (рассчитываемый при $F \leq 5$) вычисляется по формуле 5.9:

$$k = 1 - 0,1 \cdot 3 = 0,7.$$

По значению УКИЗВ (3,44) и числу КПЗ (3) согласно таблице 5.3 класс воды 4-й, разряд "а", качественная характеристика – "грязная".

Упражнение

Исходные данные: представлены в таблице 5.6.

Требуется: Выполнить расчёт УКИЗВ по данным предложенного варианта и оценить степень загрязнённости поверхностных вод.

Таблица 5.6

Результаты гидрохимического анализа (концентрации ингредиентов C_i , мг/л) и площади водосборов

Дата отбора	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	P ₃ O ₄ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Cu	Zn	Фен.	Cr ³⁺	Неф.	O ₂	БПК ₅
Вариант 1		Точка 99			Площадь водосбора 3762 км ²												
8.VI	1,76	0,064	1,977	0,066	91,18	13,72	30,18	8,05	0,7	68,2	0,012	0,024	0,003	0,001	0,57	13,032	6,516
17.VII	0,99	0,014	0,72	0,082	8,02	0,72	25,88	12,79	0,468	53,2	0,02	0,016	0,003	0,001	0,41	9,448	3,779
16.VIII	1,3	0,047	1,42	0,05	57,11	1,17	34,08	9,2	0,77	60,4	0,013	0,018	0,006	0,005	0,4	8,224	3,290
8.II	0,926	0,0177	1,562	0,05	66,53	16,143	32,77	10,11	2,925	80,76	0,02	0,026	0,006	0,005	0,3	13,55	5,420
8.IV	2,672	0,02	1,328	0,039	87,57	13,857	50,19	9,4	1,34	89,44	0,022	0,038	0,009	0,01	0,88	12,24	4,896
Вариант 2		Точка 98			Площадь водосбора 3724 км ²												
8.VI	1,67	0,017	1,72	0,1	71	18,78	24,28	7,82	2,925	63,25	0,005	0,0099	0,005	0,001	0,1	12,06	4,824
17.VII	0,89	0,016	0,8	0,077	60	25,52	30,6	8,74	0,7	25,38	0,004	0,0095	0,003	0,001	0,2	7,88	3,152
16.VIII	0,85	0,076	1,64	0,076	91	22,11	15,87	8,05	0,7	78,85	0,004	0,0096	0,007	0,001	0,1	8,16	3,264
8.II	1,22	0,065	0,48	0,15	72,6	24,5	17,75	12,95	0,702	28,46	0,003	0,0099	0,015	0,002	0,38	13,27	5,308
8.IV	1,9	0,066	0,72	0,07	88,5	17,8	19,81	11,5	0,39	31,5	0,003	0,0099	0,004	0,001	0,29	13,03	5,212
Вариант 3		Точка 97			Площадь водосбора 3686 км ²												
8.VI	1,998	0,023	1,562	0,063	87,4	2,19	29,47	5,98	1,95	28,4	0,005	0,027	0,005	0,002	0,087	8,62	3,448
17.VII	1,57	0,016	1,2	0,046	50	27,95	31,95	9,2	0,84	15	0,0041	0,019	0,007	0,002	0,12	7,67	3,068
16.VIII	2,11	0,047	1,77	0,091	91	22,11	21,3	8,74	0,7	78,85	0,0037	0,026	0,004	0,001	0,52	7,71	3,084
8.II	1,39	0,039	0,96	0,077	55	15,6	24,14	14,26	0,468	28,46	0,0034	0,024	0,009	0,001	0,23	14,03	5,612
8.IV	1,667	0,018	1,641	0,053	55,21	13,62	53,14	10,2	0,55	31,5	0,0034	0,024	0,014	0,002	0,14	15,8	6,320
Вариант 3		Точка 96			Площадь водосбора 3648 км ²												
8.VI	1,282	0,017	1,64	0,073	69,2	17,69	30,67	2,3	1,95	21,5	0,145	0,003	0,004	0,003	0,013	11,54	4,616
17.VII	1,66	0,034	1,33	0,56	60	15,79	23,07	6,9	0,72	23,4	0,119	0,0018	0,003	0,002	0,024	8,56	3,424
16.VIII	1,83	0,041	1,9	0,077	109,2	33,17	16,8	7,7	0,7	18,7	0,088	0,004	0,003	0,003	0,14	4,38	1,752
8.II	0,96	0,026	0,72	0,057	82,1	25,4	21,3	14,1	0,507	13,9	0,073	0,002	0,004	0,002	0,1	13,67	5,468
8.IV	2,13	0,017	1,72	0,05	57	24,91	50,98	5,7	0,44	19,3	0,048	0,004	0,003	0,002	0,38	11,45	4,580

Продолжение табл. 5.6

Результаты гидрохимического анализа (концентрации ингредиентов C_i , мг/л) и площади водосборов

Дата отбора	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	P ₃ O ₄ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Cu	Zn	Фен.	Cr ³⁺	Неф.	O ₂	БПК ₅	
Вариант 5		Точка 94		Площадь водосбора 3572 км ²														
8.VI	0,95	0,011	0,58	0,22	60	12,55	11,72	4,6	2	24,2	0,0095	0,0485	0,003	0,001	0,76	12,46	4,984	
17.VII	1,07	0,031	0,64	0,14	41	30,38	26,77	9,2	1,7	28,6	0,0061	0,0352	0,004	0,003	0,44	8,43	3,372	
16.VIII	1,44	0,029	1,64	0,07	109,2	33,17	17,04	5,29	0,62	34,2	0,087	0,004	0,002	0,005	0,37	8,42	3,368	
8.II	0,83	0,021	0,72	0,12	80,7	30,1	18,82	12,88	0,585	43,5	0,073	0,002	0,016	0,005	0,28	13,18	5,272	
8.IV	1,019	0,027	1,64	0,11	56,4	38,35	27,69	7,8	3,432	48	0,048	0,0352	0,003	0,003	0,12	12,24	4,896	
Вариант 6		Точка 93		Площадь водосбора 3534 км ²														
8.VI	0,06	0,024	0,667	0,112	71,5	12,12	7,45	2,3	0,9	60,0	0,145	0,003	0,004	0,002	0,1	14,72	5,888	
17.VII	0,694	0,05	1,909	0,245	109,45	31,99	15,87	7,36	0,7	57,3	0,119	0,0018	0,002	0,002	0,15	9,808	3,680	
16.VIII	0,59	0,026	0,72	0,051	10,94	4,93	21,73	12,08	2,73	55,5	0,088	0,004	0,016	0,002	0,36	10,368	4,147	
8.II	0,7	0,017	1,56	0,44	67,13	12,41	31,31	8,74	1,56	51,7	0,073	0,002	0,003	0,003	0,16	11,584	4,634	
8.IV	1,296	0,019	1,641	0,057	64,87	4,31	32,3	10	2,925	53,4	0,048	0,004	0,009	0,003	0,2	14,464	5,786	
Вариант 7		Точка 92		Площадь водосбора 3496 км ²														
8.VI	1,6	0,02	0,8	0,25	67,6	8	8,52	4,6	4,22	46,8	0,0095	0,0485	0,004	0,004	0,07	10,34	4,136	
17.VII	0,94	0,12	1,66	0,39	62	21,87	24,67	9,2	0,99	55,80	0,0061	0,0352	0,002	0,004	0,053	8,52	3,408	
16.VIII	0,417	0,09	1,977	0,25	109,2	11,06	15,48	8,05	0,88	64,2	0,087	0,004	0,016	0,001	0,34	9,66	3,864	
8.II	2,672	0,02	1,328	0,039	87,57	13,857	50,19	7,05	2,01	7,09	0,073	0,002	0,003	0,001	0,18	13,49	5,396	
8.IV	2,59	0,019	1,64	0,017	62,8	13,85	51,48	12,3	1,35	60	0,048	0,002	0,009	0,004	0,09	12,06	4,824	
Вариант 8		Точка 91		Площадь водосбора 3458 км ²														
8.VI	0,12	0,009	0,667	0,216	65,85	11,04	11,36	9,2	2	21,5	0,015	0,027	0,003	0,009	0,16	7,944	4,600	
17.VII	0,556	0,072	1,841	0,115	109,42	31,96	22,04	4,37	0,53	23,4	0,016	0,019	0,004	0,008	0,06	9,44	2,185	
16.VIII	0,94	0,033	0,72	0,067	8,51	0,49	26,84	12,95	0,351	18,7	0,140	0,026	0,002	0,004	0,2	7,648	3,059	
8.II	0,68	0,031	1,63	0,066	78,16	16,14	32,34	6,9	1,3	13,9	0,020	0,024	0,016	0,005	0,006	6,368	2,547	
8.IV	2,141	0,026	1,953	0,085	74,77	0,63	29,39	9,66	3,9	19,3	0,017	0,024	0,003	0,005	0,23	13,136	4,38	

Продолжение табл. 5.6

Результаты гидрохимического анализа (концентрации ингредиентов C_i , мг/л) и площади водосборов

Дата отбора	NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+	P_3O_4^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	Na^+	K^+	SO_4^{2-}	Cu	Zn	Фен.	Cr^{3+}	Неф.	O_2	БПК ₅ ,	
Вариант 9		Точка 91			Площадь водосбора 3420 км ²													
8.VI	0,18	0,055	0,6	0,133	60,22	8,83	6,39	1,15	0,9	28,6	0,021	0,019	0,004	0,006	0,43	4,872	1,9488	
17.VII	0,694	0,062	1,773	0,16	91,18	13,72	12,78	4,37	0,53	34,2	0,016	0,026	0,003	0,007	0,049	8,92	3,568	
16.VIII	0,85	0,066	0,72	0,07	57,8	10	19,81	11,5	0,39	43,5	0,014	0,024	0,003	0,007	0,29	8,44	3,376	
8.II	0,926	0,0177	1,562	0,05	66,53	16,143	32,77	8,4	2,925	48	0,023	0,024	0,004	0,008	0,006	13,95	5,580	
8.IV	2,672	0,02	1,328	0,039	87,57	13,857	50,19	5,7	1,38	41,5	0,004	0,017	0,003	0,005		12,55	5,020	
Вариант 10		Точка 90			Площадь водосбора 2622 км ²													
8.VI	0,08	0,01	0,667	0,1	79,04	23,972	11	4,6	1,3	60,0	0,180	0,027	0,005	0,007	0,21	7,944	3,972	
17.VII	1,66	0,016	0,96	0,033	82,16	16,41	27,832	6,9	1,01	57,3	0,010	0,019	0,007	0,005	0,25	6,592	4,8	
16.VIII	1,204	0,009	1,406	0,046	85,5	11,098	41,07	3,9	2,457	55,5	0,010	0,026	0,004	0,004	0,41	5,44	4,352	
8.II	2,931	0,016	1,328	0,039	83,77	12,703	45,05	9,5	0,99	51,7	0,022	0,024	0,009	0,005	0,35	10,968	7,4912	
8.IV	2,59	0,019	1,64	0,017	62,8	13,85	51,48	6,2	0,53	50,2	0,018	0,024	0,014	0,005	0,51	13,34	5,336	
Вариант 11		Точка 89			Площадь водосбора 3002 км ²													
8.VI	1,44	0,02	0,84	0,071	62	36,45	27,83	5,52	2,5	54,60	0,027	0,017	0,005	0,003	0,20	9,65	3,860	
17.VII	2,59	0,06	2,11	0,07	91	22,11	20,59	4,6	5,6	46,8	0,027	0,022	0,003	0,004	1,04	7,67	3,068	
16.VIII	0,85	0,023	0,72	0,076	70,5	30,08	17,57	12,88	0,468	46,10	0,240	0,032	0,007	0,005	0,27	7,62	3,048	
8.II	0,926	0,0177	1,562	0,05	66,53	16,143	32,77	10	2,925	64,2	0,010	0,026	0,015	0,005	0,32	12,22	4,888	
8.IV	1,5	0,066	0,72	0,07	64	25,6	19,81	11,5	0,39	60,3	0,010	0,026	0,004	0,004	0,57	11,14	4,456	
Вариант 12		Точка 79			Площадь водосбора 2964 км ²													
8.VI	1,5	0,006	0,72	0,33	76	12,76	17,75	5,06	1,4	59,7	0,025	0,010	0,005	0,006	0,46	9,44	3,776	
17.VII	1,33	0,036	2,11	0,18	109,2	22,11	8,87	3,22	0,44	61,7	0,020	0,014	0,004	0,006	0,17	5,84	2,336	
16.VIII	0,92	0,013	0,84	0,058	70,5	20,01	11	6,9	0,351	63,7	0,017	0,018	0,008	0,004	0,80	7,11	2,844	
8.II	2,672	0,02	1,328	0,039	87,57	13,857	50,19	5,8	0,9	60,0	0,024	0,012	0,009	0,004	0,10	12,66	5,064	
8.IV	2,59	0,019	1,64	0,017	62,8	13,85	51,48	9,3	0,4	76,4	0,030	0,018	0,004	0,004	0,42	12,78	5,112	

Продолжение табл. 5.6

Результаты гидрохимического анализа (концентрации ингредиентов C_i , мг/л) и площади водосборов

Дата отбора	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	P ₃ O ₄ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Cu	Zn	Фен.	Cr ³⁺	Неф.	O ₂	БПК ₅ ,	
Вариант 13		Точка 77		Площадь водосбора 2926 км ²														
8.VI	0,12	0,015	0,7	0,15	65,85	10,284	14,2	3,22	2	44,2	0,004	0,009	0,008	0,008	0,25	9,81	3,924	
17.VII	0,083	0,021	3,12	0,099	75,35	18,283	15,26	0,319	3,042	40,30	0,020	0,026	0,005	0,009	0,13	6,87	2,748	
16.VIII	1,388	0,022	1,562	0,085	91,18	22,124	31,098	2,3	2,925	39,4	0,028	0,018	0,006	0,009	0,38	6,59	2,636	
8.II	0,89	0,01	1,777	0,13	74,15	7,2936	24,353	6,9	1,65	68,8	0,015	0,021	0,006	0,007	0,44	13,31	5,324	
8.IV	0,57	0,066	2,045	0,11	91,18	11,062	18,957	3,22	0,62	48,30	0,012	0,018	0,003	0,007	0,41	12,24	4,896	
Вариант 14		Точка 76		Площадь водосбора 2888 км ²														
8.VI	0,1	0,027	0,6	0,09	62	11,42	11,72	2,3	1,3	41,4	0,017	0,025	0,003	0,001	0,97	8,45	3,380	
17.VII	0,033	0,031	2,03	0,04	65,8	14,85	14,34	0,39	3,276	53,8	0,029	0,020	0,006	0,005	0,90	8,54	3,416	
16.VIII	2,238	0,018	1,953	0,085	69,18	35,38	28,12	4,14	1,95	71,1	0,028	0,020	0,004	0,001	0,60	6,78	2,712	
8.II	0,55	0,02	2,005	0,056	69	11,62	24,14	6,44	0,6	52,8	0,011	0,015	0,003	0,004	0,31	13,14	5,256	
8.IV	0,44	0,034	2,045	0,099	91	11,06	15,48	4,37	0,7	38,1	0,009	0,022	0,004	0,003	0,35	13,03	5,212	
Вариант 15		Точка 75		Площадь водосбора 2850 км ²														
8.VI	0,06	0,027	0,733	0,098	67,6	17,12	6,04	1,15	0,7	46,8	0,002	0,009	0,004	0,005	0,31	10,59	4,236	
17.VII	0,033	0,022	1,03	0,054	60	16,08	13,74	0,39	2,535	51,4	0,016	0,008	0,002	0,007	0,35	7,45	2,980	
16.VIII	2,24	0,02	1,87	0,14	67,4	19,86	35,6	4,14	1,95	50,2	0,013	0,009	0,004	0,006	0,58	7,42	2,968	
8.II	2,22	0,019	1,5	0,055	53	24,3	28,4	6,9	1,3	57,4	0,012	0,022	0,004	0,008	0,62	13,76	5,504	
8.IV	0,45	0,06	1,91	0,1	91	22,11	17,4	5,98	0,79	82,7	0,016	0,028	0,003	0,004	0,40	11,29	4,516	
Вариант 16		Точка 74		Площадь водосбора 2812 км ²														
8.VI	0,042	0,026	2,03	0,02	65,8	17,13	15,98	0,6	3,042	71,2	0,028	0,016	0,004	0,005	0,21	9,05	3,620	
17.VII	1,303	0,018	1,719	0,86	72,8	19,9	35,5	2,3	1,95	81,2	0,020	0,004	0,003	0,007	0,34	4,87	1,948	
16.VIII	1,94	0,019	1,5	0,2	69	15,9	6,04	6,9	1,5	81,8	0,026	0,081	0,001	0,009	0,28	3,84	1,536	
8.II	0,88	0,088	1,705	0,1	109,2	11,06	22,01	8,05	0,53	57,3	0,020	0,044	0,004	0,009	0,39	12,48	4,992	
8.IV	0,91	0,051	0,6	0,12	91	23,4	22,37	6,9	0,507	66,4	0,017	0,038	0,006	0,008	0,51	14,01	5,604	

Продолжение табл. 5.6

Результаты гидрохимического анализа (концентрации ингредиентов C_i , мг/л) и площади водосборов

Дата отбора	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	P ₃ O ₄ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Cu	Zn	Фен.	Cr ³⁺	Неф.	O ₂	БПК ₅ ,
Вариант 17		Точка 73		Площадь водосбора 2774 км ²													
8.VI	0,04	0,022	0,667	0,1	73,2	10,21	3,2	1,15	0,9	57,3	0,020	0,044	0,004	0,003	0,51	10,12	4,048
17.VII	0,067	0,032	2,03	0,039	82,8	19,32	8,87	0,25	2,028	66,4	0,017	0,038	0,006	0,004	0,39	11,94	4,776
16.VIII	0,93	0,019	1,72	0,03	98,2	24,3	18,82	2,3	1,56	65,4	0,008	0,021	0,004	0,005	0,40	10,01	4,004
8.II	0,66	0,016	1,55	0,03	82	21,87	19,17	4,6	0,53	59,1	0,013	0,018	0,006	0,006	0,51	12,29	4,916
8.IV	1,2	0,074	1,77	0,11	91	66,34	5,33	2,76	0,44	43,6	0,009	0,005	0,013	0,003	0,33	15,84	6,336
Вариант 18		Точка 72		Площадь водосбора 2736 км ²													
8.VI	0,1	0,024	0,767	0,099	67,73	18,27	11,36	1,15	1,75	77,30	0,013	0,022	0,006	0,007	0,39	11,02	4,408
17.VII	0,125	0,03	3	0,007	73,47	15,997	15,87	0,253	3,042	68,20	0,012	0,028	0,003	0,004	0,50	7,65	3,060
16.VIII	1,176	0,021	1,875	0,046	80,24	14,381	25,56	4,14	1,95	54,50	0,032	0,039	0,007	0,004	0,25	9,02	3,608
8.II	1,2	0,01	1,44	0,096	77,15	9,7248	21,22	4,6	0,55	47,50	0,007	0,039	0,001	0,006	0,93	12,16	4,864
8.IV	0,556	0,091	2,25	0,073	109,42	11,062	16,26	4,14	0,62	15,40	0,021	0,039	0,001	0,005	0,14	11,43	4,572
Вариант 19		Точка 71		Площадь водосбора 2698 км ²													
8.VI	0,06	0,018	0,733	0,084	73,39	21,686	13,49	2,3	3	47,50	0,007	0,039	0,001	0,005	0,14	9,568	2,9472
17.VII	0,1	0,062	2,88	0,033	79,12	19,425	17,11	0,391	3,705	15,40	0,021	0,039	0,001	0,006	1,24	11,264	9,5104
16.VIII	1,6	0,034	1,641	0,099	98,48	28,664	37,49	9,66	2,175	58,30	0,022	0,040	0,004	0,003	0,36	10,368	2,2176
8.II	1,6	0,063	1,33	0,037	60,12	20,665	27,48	6,9	3,06	42,10	0,010	0,015	0,001	0,006	0,28	14,72	3,9808
8.IV	0,833	0,076	1,841	0,133	91,18	44,247	22,05	4,6	0,7	43,7	0,016	0,014	0,001	0,002	0,19	12	10,1056
Вариант 20		Точка 70		Площадь водосбора 2660 км ²													
8.VI	0,1	0,022	0,667	0,117	71,5	23,947	18,46	2,3	2,75	42,10	0,016	0,014	0,001	0,005	0,19	11,488	5,5648
17.VII	0,083	0,074	2,88	0,1	84,77	17,139	18,64	0,391	3,51	48,30	0,015	0,035	0,004	0,006	0,13	9,248	8,0384
16.VIII	1,733	0,028	1,719	0,099	100,3	33,185	38,76	6,9	3,9	52,50	0,022	0,040	0,007	0,007	0,19	14,464	3,712
8.II	1,5	0,038	1,5	0,077	76,15	14,587	33,37	6,9	2,02	45,3	0,019	0,037	0,007	0,008	0,39	13,12	3,68
8.IV	0,417	0,091	2,925	0,083	91,18	44,248	20,91	4,6	0,62	55,3	0,013	0,038	0,009	0,007	1,68	11,136	2,5376

Продолжение табл. 5.6

Результаты гидрохимического анализа (концентрации ингредиентов C_i , мг/л) и площади водосборов

Дата отбора	NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+	P_3O_4^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	Na^+	K^+	SO_4^{2-}	Cu	Zn	Фен.	Cr^{3+}	Неф.	O_2	БПК ₅ ,	
Вариант 21		Точка 25			Площадь водосбора 950 км ²													
8.VI	1,6	0,013	1,953	0,085	72,8	39,85	30,18	7,82	2,925	46,8	0,002	0,009	0,004	0,005	0,97	9,39	3,756	
17.VII	0,95	0,053	1,73	0,21	57	21,87	29,47	8,74	3,19	51,4	0,016	0,008	0,002	0,003	0,90	7,56	3,024	
16.VIII	0,63	0,04	1,39	0,17	91	11,06	15,27	6,7	2,57	50,2	0,013	0,009	0,004	0,004	0,60	8,03	3,212	
8.II	1,6	0,016	0,84	0,068	69	32	19,88	12,42	0,507	57,4	0,012	0,022	0,004	0,005	0,31	13,95	5,580	
8.IV	0,93	0,019	1,56	0,055	63,08	18,2	25,56	9,5	2,925	82,7	0,016	0,028	0,003	0,007	0,35	12	4,800	
Вариант 22		Точка 19			Площадь водосбора 722 км ²													
8.VI	1,388	0,022	1,719	0,053	100,3	26,549	45,15	9,66	0,13	71,2	0,028	0,016	0,004	0,007	0,34	8,336	2,9472	
17.VII	2,3	0,043	1,35	0,055	76,15	22,2	35,819	6,9	0,3	81,2	0,020	0,004	0,003	0,009	0,28	4,224	4,064	
16.VIII	0,56	0,023	0,72	0,075	69	30	23,64	12,65	0,507	81,8	0,026	0,081	0,001	0,009	0,39	7,648	5,5648	
8.II	0,833	0,011	1,406	0,046	73,19	45,403	43,84	7,04	3,159	57,3	0,020	0,044	0,004	0,005	0,51	8,006	2,816	
8.IV	3,017	0,016	1,797	0,039	91,383	19,631	67,45	6,94	0,2	66,4	0,017	0,038	0,006	0,003	0,39	12,552	8,0416	
Вариант 23		Точка 18			Площадь водосбора 684 км ²													
8.VI	0,926	0,0177	1,562	0,05	66,53	16,143	32,77	6,4	2,925	57,3	0,020	0,044	0,004	0,004	0,51	4,872	0,9088	
17.VII	2,672	0,02	1,328	0,039	87,57	13,857	50,19	5,9	1,38	66,4	0,017	0,038	0,006	0,004	0,39	10,223	3,84	
16.VIII	1,4	0,066	0,72	0,07	67	15	19,81	11,5	0,39	65,4	0,008	0,021	0,004	0,004	0,40	9,784	2,982	
8.II	0,926	0,0177	1,562	0,05	66,53	16,143	32,77	12,3	2,925	59,1	0,013	0,018	0,006	0,006	0,51	13,12	5,248	
8.IV	2,672	0,02	1,328	0,039	87,57	13,857	50,19	11	0,69	43,6	0,009	0,005	0,013	0,006	0,33	11,76	4,704	
Вариант 24		Точка 17			Площадь водосбора 646 км ²													
8.VI	1,09	0,036	0,72	0,07	58	16,7	23,32	12,5	0,468	77,30	0,013	0,022	0,006	0,007	0,50	14,72	3,78	
17.VII	0,56	0,066	0,72	0,07	66	18,3	19,81	11,5	0,39	68,20	0,012	0,028	0,003	0,008	0,25	10,331	3,584	
16.VIII	0,58	0,037	0,72	0,075	43	25	23,64	14	0,468	54,50	0,032	0,039	0,007	0,008	0,93	7,944	2,8008	
8.II	1,111	0,018	1,719	0,055	101,46	24,215	35,54	8,7	2,925	47,50	0,007	0,039	0,001	0,004	0,14	13,13	5,252	
8.IV	0,648	0,017	1,719	0,043	97,09	13,858	68,79	5,9	0,55	15,40	0,021	0,039	0,001	0,005	1,24	10,99	4,396	

Результаты гидрохимического анализа (концентрации ингредиентов C_i , мг/л) и площади водосборов

Дата отбора	NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+	P_3O_4^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl	Na^+	K^+	SO_4^{2-}	Cu	Zn	Фен.	Cr^{3+}	Неф.	O_2	БПК ₅	
Вариант 25		Точка 16			Площадь водосбора 608 км ²													
8.VI	1,019	0,036	1,484	0,053	86,49	25,224	31,84	12,4	2,925	47,50	0,007	0,039	0,001	0,005	0,14	9,73	3,892	
17.VII	3,534	0,024	1,719	0,055	89,48	26,561	49,63	10,6	1,5	15,40	0,021	0,039	0,001	0,007	1,24	7,62	3,048	
16.VIII	1,46	0,066	0,72	0,07	68	22,3	19,81	11,5	0,39	58,30	0,022	0,040	0,004	0,009	0,36	6,59	2,636	
8.II	0,926	0,0177	1,562	0,05	66,53	16,143	32,77	9,4	2,925	42,10	0,010	0,015	0,001	0,01	0,28	12,49	4,996	
8.IV	2,672	0,02	1,328	0,039	87,57	13,857	50,19	6,9	0,99	56,3	0,016	0,014	0,001	0,008	0,19	13,01	5,204	
Вариант 26		Точка 15			Площадь водосбора 570 км ²													
8.VI	1,33	0,024	0,6	0,067	69	15,6	19,88	11,64	0,468	28,6	0,021	0,027	0,004	0,003	0,20	9,15	3,660	
17.VII	1,481	0,023	1,56	0,07	54,8	15,11	27,69	10,03	3,159	34,2	0,016	0,019	0,003	0,006	1,04	8,88	3,552	
16.VIII	2,32	0,019	1,17	0,045	72,2	19,8	43,31	11	0,78	43,5	0,014	0,026	0,003	0,005	0,27	8,53	3,412	
8.II	1,6	0,025	0,96	0,087	55	20,01	18,82	12,16	0,507	48	0,023	0,024	0,004	0,006	0,32	12,73	5,092	
8.IV	1,296	0,026	1,56	0,08	51,4	18,23	30	9,9	2,925	41,5	0,004	0,024	0,003	0,003	0,57	13,03	5,212	
Вариант 27		Точка 14			Площадь водосбора 494 км ²													
8.VI	1,019	0,019	1,49	0,05	64,8	11,05	30,53	7,4	2,457	60,0	0,010	0,027	0,007	0,009	0,100	9,24	3,696	
17.VII	1,82	0,014	0,6	0,051	71,2	10,9	11	6,9	2,73	57,3	0,010	0,019	0,004	0,009	0,400	7,49	2,996	
16.VIII	1,11	0,013	1,09	0,04	81,4	15,7	26,27	10,3	1,95	55,5	0,022	0,026	0,009	0,008	0,400	7,99	3,196	
8.II	3,103	0,017	1,72	0,04	95	5,83	54,36	12,88	0,945	51,7	0,018	0,024	0,014	0,009	0,440	12,33	4,932	
8.IV	2,672	0,033	1,797	0,052	72,34	15,012	46,68	12,5	0,567	62,4	0,027	0,024	0,005	0,01	0,400	11,66	4,664	

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6.
ОВЛАДЕНИЕ ПОРЯДКОМ РАСЧЕТА ИНДЕКСА ПАНТЛЕ И БУККА,
ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО
ОБЪЕКТА БИОИНДИКАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Цель и порядок выполнения

Цель: овладеть порядком расчёта индекса Пантле и Букка и оценивания загрязнённости природных вод биоиндикационным методом.

Задачи.

1) Ознакомиться с биоиндикационным методом оценки степени загрязненности поверхностных вод [10], [16] и [20].

2) Ознакомиться примером расчёта индекса Пантле и Букка в модификации Сладечека и оценивания загрязнённости природных вод биоиндикационным методом.

3) Выполнить расчёт индекса Пантле и Букка по данным предложенного варианта и оценить степень загрязненности водного объекта.

**Понятия, формулы, требования и нормативные ссылки и справочные
данные (в конспект)**

В зависимости от степени загрязненности вод на различных участках водоема формируются специфические сообщества, населенные организмами индикаторами, которые могут существовать только в определенных границах толерантности экологических факторов. Разработана система индикаторных организмов, т.е. список индикаторов сапробности вод.

Сапробность – это комплекс физиологических свойств организма обуславливающих его способность развиваться в воде с тем или иным

содержанием органических веществ, или той или иной степенью загрязнения вод.

Индекс Пантле и Букка в модификации Сладечека вычисляется как:

$$S = \frac{\sum s_i h_i}{\sum h_i} \quad (6.1)$$

где s_i – сапробность i -го вида, баллы (табл. 6.1), h_i — обилие i -го вида (частота встречаемости по глазомерной шкале, табл. 6.2) или численность N_i .

Таблица 6.1

Некоторые виды-индикаторы и их сапробная значимость

Сообщество, вид	Сапробность		Сообщество, вид	Сапробность	
	зона	s_i		зона	s_i
Перифитон					
Achnanthes lanceolata	кс-бм	0,75	Loxophyllum meleagris	бм	2
Amphora ovalis	о-бм	1,65	Navicula gracilis	бм-о	1,65
Caloneis silicula	о-бм	1,5	Navicula hungarica var. capitata	бм-ам	2,4
Cephalodella auriculata	о-бм	1,5	Navicula rhynchocephata	ам	2,7
Cephalodella catellina	о-бм	1,5	Nitzschia dissipata	о-бм	1,5
Cladophora glomerata	бм	1,65	Notommata aurita	о	1
Closterium moniliferum	бм	2,15	Paramecium bursaria	бм-ам	2,3
Cocconeis pediculus	бм	1,75	Pediastrum boryanum	бм	1,85
Colurella colurus	о	1,15	Philodina citrina	о	0,9
Cumatopleura solea	бм-ам	2,35	Pleurotrocha petromyzon	о	1
Cymbella prostrata	бм	2	Rotaria tardigrada	бм	2,0
Cymbella ventricosa	бм	1,35	Stentor polymorphus	бм	2,2
Euchlanis dilatata	о-бм	1,5	Stentor roeseli	бм-ам	2,45
Euplotes patella	бм	2,2	Strombidium viride	бм	2
Frontonia leucas	бм	2	Stylonychia mytilus	ам	2,9
Gomphonema olivaceum	бм	1,85	Zoothamnium arbuscula	бм	2

Некоторые виды-индикаторы и их сапробная значимость

Сообщество, вид	Сапробность		Сообщество, вид	Сапробность	
	зона	s_i		зона	s_i
Фитопланктон					
Ceratium hirundinella	о	1,15	Pinnularia viridis	о-бм	2,1
Crucigenia tetrapedia	о-бм	1,75	Scenedesmus quadricauda	бм	2
Dictyosphaerium pulchellum	бм	2,15	St. dubius	бм	1,9
Navicula radiosa	о-бм	1,6	St. hantzschii	ам	2,7
Nitzschia linearis	о-бм	1,5	Stephanodiscus astraea	о-бм	1,4
Nitzschia sigmaidea	бм	2	Synedra acus	бм	1,85
Oocystis lacustris	бм-о	1,6	Trachelomonas volvocina	бм	2
Pediastrum duplex	бм	1,7			
Зоопланктон					
Asplanchna priodonta	о-бм	1,55	Daphnia longispina	бм	2
Bosmina longirostris similis	о-бм	1,55	Keratella cochlearis	бм-о	1,55
Brachionus calyciflorus	бм-ам	2,5	Keratella quadrata	о-бм	1,55
Chydorus sphaericus	бм	1,75	Lecane lunaris	о-бм	1,35
Cyclops furcifer	о	1,2	Synchaeta pectinata	бм-о	1,65
Cyclops strenuus	бм-ам	2,25			

Гиперсапробная зона (гп) — очень грязная. Население — бактерии, грибы.

Полисапробная зона (п) имеет большое содержание нестойких органических соединений, а также продуктов их анаэробного распада (метана и сероводорода), кислород отсутствует. Здесь протекают в основном восстановительные процессы, ил имеет черную окраску с запахом сероводорода. В массе развиваются организмы с гетеротрофным типом питания.

α-мезосапробная зона (ам) — средне загрязненная, ближе к полисапробной.

β-мезосапробная зона (бм) — средне загрязнённая, ближе к олигосапробной.

Олигосапробная зона (о) имеет высокую прозрачность водоема, песчаное дно и большое содержание кислорода в воде. В биоте преобладают стенобиотные виды (с узким диапазоном толерантности).

Ксеносапробная зона (кс) – предельно чистая, пока ещё незначительно заселённая (молодые водоёмы).

Таблица 6.2

Категории частоты встречаемости

Частота	Количество экземпляров вида N_i , % от общего числа экземпляров	Цифровое обозначение частоты встречаемости h_i , баллы
Очень редко	0...2	1
Редко	2...3	2
Нередко	3...10	3
Часто	10...20	5
Очень часто	20...40	7
Масса	40...100	9

В выводе следует сравнить расчётные значения Индекса Пантле и Букка с критериальной шкалой (табл. 6.3) и сделать вывод о разряде и классе вод по каждому из сообществ.

Таблица 6.3

Критерии оценки по индексу Пантле-Букка в модификации Сладечека

Разряд	Класс	Индекс Пантле и Букка
Очень чистые	1	1
Чистые	2	1...1,5
Умеренно (слабо загрязненные)	3	1,51...2,5
Загрязненные	4	2,51...3,5
Грязные	5	3,51...4
Очень грязные	6	>4

Пример выполнения

Для начала следует разделить виды, обнаруженные в пробе в ходе качественного анализа (идентификации), на представителей сообществ перифитона, фитопланктона и зоопланктона, пользуясь справочной таблицей 6.1.

Индекс Пантле-Букка вычисляется по формуле (6.1) для отдельных сообществ, поэтому следует заготовить три расчётные таблицы 6.4.1, 6.4.2 и

6.4.3, аналогичные таблице 6.4, для перифитона, фитопланктона и зоопланктона соответственно.

Сапробность s_i в баллах для обнаруженных в пробе видов устанавливаются по справочной таблице 6.1. Число особей (шт.) следует вписать в расчётные таблицы 6.4.1, 6.4.2 и 6.4.3 аналогичные таблице 6.4, из бланка задания (см. табл. 6.5). Согласно Руководству [10], вместо частоты встречаемости h_i , определяемой по обилию особей вида в поле зрения микроскопа, можно использовать общую численность N_i . Индекс Пантле и Букка в данном примере вычисляется как: $S = 226,55/119 = 1,90$.

Таблица 6.4

Расчет индекса Пантле-Букка в модификации Сладечека по перифитону

i	Индикаторы	s_i , баллы	N_i , шт.	N_i , %	h_i , баллы	$s_i \cdot N_i$	$s_i \cdot h_i$
1	Zoothamnium arbuscula	2	12	10,1	5	24	10
5	Pediastrum boryanum	1,85	17	14,3	5	31,45	9,25
7	Gomphonema olivaceum	1,85	37	31,1	7	68,45	12,95
9	Closterium moniliferum	2,15	26	21,8	7	55,9	15,05
10	Cladophora glomerata	1,65	5	4,20	3	8,25	4,95
13	Cocconeis pediculus	1,75	22	18,5	5	38,5	8,75
Σ			119	100	32	226,55	60,95

Идя другим путём, можно оценить частоту встречаемости особей по критериальной шкале (табл. 6.3), найдя процентное распределение особей по видам. Проверкой правильности его расчёта является сумма, равная 100 %. Тогда по формуле (6.1): $S = 60,95/32 = 1,90$.

Т.к. значение S находится в диапазоне 1,51...2,5, то по перифитону воды изучаемого створа относятся к умеренно (слабо загрязнённым), класс 3.

Упражнение

Исходные данные: представлены в таблице 6.5.

Требуется: Выполнить расчёт индекса Пантле и Букка по данным предложенного варианта и оценить степень загрязнённости водного объекта.

Таблица 6.5

Исходные данные. Результаты обработки гидробиологических проб

ВАРИАНТ 1			ВАРИАНТ 2		
	Виды-индикаторы	Число особей (штук)		Виды-индикаторы	Число особей (штук)
1	<i>Trachelomonas volvocina</i>	17	1	<i>Zoothamnium arbuscula</i>	1
2	<i>Synchaeta pectinata</i>	13	2	<i>Synchaeta pectinata</i>	38
3	<i>Strombidium viride</i>	8	3	<i>Stephanodiscus astraea</i>	7
4	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	31	4	<i>Stentor polymorphus</i>	1
5	<i>Pediastrum duplex</i>	41	5	<i>St. dubius</i>	15
6	<i>Keratella cochlearis</i>	35	6	<i>Pediastrum boryanum</i>	17
7	<i>Frontonia leucas</i>	5	7	<i>Nitzschia dissipata</i>	38
8	<i>Chydorus sphaericus</i>	2	8	<i>Keratella cochlearis</i>	3
9	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	16	9	<i>Navicula radiosa</i>	19
10	<i>Loxophyllum meleagris</i>	8	10	<i>Loxophyllum meleagris</i>	35
11	<i>Zoothamnium arbuscula</i>	19	11	<i>Cyclops strenuus</i>	22
12	<i>Pediastrum boryanum</i>	5	12	<i>Nitzschia linearis</i>	4
13	<i>Daphnia longispina</i>	34	13	<i>Pinnularia viridis</i>	16
14	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	23	14	<i>Nitzschia sigmoidea</i>	21
15	<i>Oocystis lacustris</i>	13	15	<i>Daphnia longispina</i>	27

ВАРИАНТ 3			ВАРИАНТ 4		
	Виды-индикаторы	Число особей (штук)		Виды-индикаторы	Число особей (штук)
1	<i>Brachionus calyciflorus</i>	37	1	<i>Zoothamnium arbuscula</i>	37
2	<i>Caloneis silicula</i>	17	2	<i>Stentor polymorphus</i>	13
3	<i>Closterium moniliferum</i>	5	3	<i>Cymbella prostrata</i>	6
4	<i>Keratella quadrata</i>	12	4	<i>Cyclops strenuus</i>	13
5	<i>Pinnularia viridis</i>	15	5	<i>Cyclops furcifer</i>	34
6	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	15	6	<i>Bosmina longirostris similis</i>	22
7	<i>Stephanodiscus astraea</i>	24	7	<i>Asplanchna priodonta</i>	20
8	<i>Synchaeta pectinata</i>	14	8	<i>Amphora ovalis</i>	9
9	<i>Keratella cochlearis</i>	30	9	<i>Navicula radiosa</i>	18
10	<i>Loxophyllum meleagris</i>	18	10	<i>Chydorus sphaericus</i>	16
11	<i>Zoothamnium arbuscula</i>	5	11	<i>Oocystis lacustris</i>	7
12	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	8	12	<i>Daphnia longispina</i>	5
13	<i>Cocconeis pediculus</i>	27	13	<i>Nitzschia linearis</i>	24
14	<i>Nitzschia dissipata</i>	36	14	<i>Cocconeis pediculus</i>	29
15	<i>Lecane lunaris</i>	16	15	<i>Ceratium hirundinella</i>	16

Исходные данные. Результаты обработки гидробиологических проб

ВАРИАНТ 5			ВАРИАНТ 6		
	Виды-индикаторы	Число особей (штук)		Виды-индикаторы	Число особей (штук)
1	Brachionus calyciflorus	19	1	Navicula radiosa	29
2	Cyclops strenuus	22	2	Cephalodella auriculata	8
3	Cumatopleura solea	17	3	Closterium moniliferum	9
4	Dictyosphaerium pulchellum	38	4	Crucigenia tetrapedia	16
5	Euplotes patella	1	5	Daphnia longispina	6
6	Keratella cochlearis	4	6	Euchlanis dilatata	8
7	Navicula hungarica var. capitata	38	7	Nitzschia linearis	44
8	Navicula rhynchocephata	15	8	Nitzschia sigmoidea	2
9	St. dubius	3	9	Oocystis lacustris	1
10	Stentor roeseli	7	10	Bosmina longirostris similis	45
11	Stylonychia mytilus	1	11	Nitzschia dissipata	23
12	Synedra acus	35	12	Cymbella ventricosa	9
13	St. hantzschii	35	13	Philodina citrina	22
14	Daphnia longispina	42	14	Chydorus sphaericus	25
15	Chydorus sphaericus	33	15	Caloneis silicula	18

ВАРИАНТ 7			ВАРИАНТ 8		
	Виды-индикаторы	Число особей (штук)		Виды-индикаторы	Число особей (штук)
	Trachelomonas volvocina	18	1	Chydorus sphaericus	20
1	Scenedesmus quadricauda	32	2	Cumatopleura solea	2
2	Navicula gracilis	20	3	Daphnia longispina	3
3	Lecane lunaris	4	4	Navicula hungarica var. capitata	45
4	Keratella quadrata	9	5	Navicula rhynchocephata	12
5	Cymbella prostrata	17	6	St. dubius	7
6	Crucigenia tetrapedia	26	7	St. hantzschii	18
7	Keratella cochlearis	35	8	Synchaeta pectinata	1
8	Euchlanis dilatata	4	9	Stylonychia mytilus	8
9	Cephalodella auriculata	9	10	Synedra acus	5
10	Brachionus calyciflorus	16	11	Stentor roeseli	35
11	Synchaeta pectinata	10	12	Brachionus calyciflorus	44
12	Stentor polymorphus	42	13	Asplanchna priodonta	35
13	Frontonia leucas	46	14	Cyclops strenuus	15
14	Pediastrum duplex	17	15	Paramecium bursaria	55
15	ВАРИАНТ	5		ВАРИАНТ	6

Исходные данные. Результаты обработки гидробиологических проб

ВАРИАНТ 9			ВАРИАНТ 10		
	Виды-индикаторы	Число особей (штук)		Виды-индикаторы	Число особей (штук)
1	<i>Stentor polymorphus</i>	45	1	<i>Pleurotrocha petromyzon</i>	2
2	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	29	2	<i>Nitzschia linearis</i>	44
3	<i>Pediastrum duplex</i>	18	3	<i>Navicula radiosa</i>	8
4	<i>Navicula gracilis</i>	20	4	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	16
5	<i>Lecane lunaris</i>	5	5	<i>Bosmina longirostris similis</i>	29
6	<i>Keratella quadrata</i>	21	6	<i>Amphora ovalis</i>	1
7	<i>Keratella cochlearis</i>	35	7	<i>Stephanodiscus astraea</i>	5
8	<i>Frontonia leucas</i>	55	8	<i>Notommata aurita</i>	5
9	<i>Euchlanis dilatata</i>	8	9	<i>Keratella quadrata</i>	22
10	<i>Cymbella prostrata</i>	17	10	<i>Lecane lunaris</i>	16
11	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	19	11	<i>Philodina citrina</i>	13
12	<i>Cephalodella auriculata</i>	9	12	<i>Colurella colurus</i>	39
13	<i>Brachionus calyciflorus</i>	20	13	<i>Nitzschia dissipata</i>	5
14	<i>Synchaeta pectinata</i>	11	14	<i>Ceratium hirundinella</i>	23
15	<i>Trachelomonas volvocina</i>	16	15	<i>Asplanchna priodonta</i>	7

ВАРИАНТ 11			ВАРИАНТ 12		
	Виды-индикаторы	Число особей (штук)		Виды-индикаторы	Число особей (штук)
1	<i>Asplanchna priodonta</i>	24	1	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	5
2	<i>Oocystis lacustris</i>	4	2	<i>Daphnia longispina</i>	47
3	<i>Nitzschia linearis</i>	5	3	<i>Loxophyllum meleagris</i>	6
4	<i>Navicula radiosa</i>	22	4	<i>Pediastrum boryanum</i>	20
5	<i>Daphnia longispina</i>	34	5	<i>Trachelomonas volvocina</i>	14
6	<i>Cocconeis pediculus</i>	40	6	<i>Zoothamnium arbuscula</i>	8
7	<i>Chydorus sphaericus</i>	11	7	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	5
8	<i>Ceratium hirundinella</i>	1	8	<i>Oocystis lacustris</i>	5
9	<i>Zoothamnium arbuscula</i>	5	9	<i>Frontonia leucas</i>	22
10	<i>Stentor polymorphus</i>	3	10	<i>Strombidium viride</i>	16
11	<i>Cymbella prostrata</i>	32	11	<i>Chydorus sphaericus</i>	13
12	<i>Cyclops strenuus</i>	10	12	<i>Synchaeta pectinata</i>	39
13	<i>Cyclops furcifer</i>	27	13	<i>Keratella cochlearis</i>	25
14	<i>Bosmina longirostris similis</i>	41	14	<i>Pediastrum duplex</i>	14
15	<i>Amphora ovalis</i>	41	15	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	4

Исходные данные. Результаты обработки гидробиологических проб

ВАРИАНТ		13
	Виды-индикаторы	Число особей (штук)
1	<i>Daphnia longispina</i>	5
2	<i>Closterium moniliferum</i>	5
3	<i>Philodina citrina</i>	5
4	<i>Nitzschia sigmaidea</i>	20
5	<i>Nitzschia dissipata</i>	16
6	<i>Navicula radiosa</i>	6
7	<i>Cymbella ventricosa</i>	13
8	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	8
9	<i>Chydorus sphaericus</i>	14
10	<i>Cephalodella auriculata</i>	47
11	<i>Caloneis silicula</i>	39
12	<i>Bosmina longirostris similis</i>	22
13	<i>Nitzschia linearis</i>	15
14	<i>Oocystis lacustris</i>	43
15	<i>Euchlanis dilatata</i>	29

ВАРИАНТ		14
	Виды-индикаторы	Число особей (штук)
1	<i>Cocconeis pediculus</i>	18
2	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	32
3	<i>Keratella cochlearis</i>	17
4	<i>Loxophyllum meleagris</i>	9
5	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	20
6	<i>Zoothamnium arbuscula</i>	4
7	<i>Nitzschia dissipata</i>	18
8	<i>Lecane lunaris</i>	20
9	<i>Brachionus calyciflorus</i>	45
10	<i>Synchaeta pectinata</i>	12
11	<i>Caloneis silicula</i>	3
12	<i>Closterium moniliferum</i>	2
13	<i>Stephanodiscus astraea</i>	17
14	<i>Pinnularia viridis</i>	21
15	<i>Keratella quadrata</i>	34

ВАРИАНТ		15
	Виды-индикаторы	Число особей (штук)
1	<i>Synedra acus</i>	9
2	<i>Stylonychia mytilus</i>	17
3	<i>Stentor roeseli</i>	4
4	<i>St. hantzschii</i>	8
5	<i>St. dubius</i>	20
6	<i>Paramecium bursaria</i>	18
7	<i>Cyclops strenuus</i>	3
8	<i>Chydorus sphaericus</i>	48
9	<i>Brachionus calyciflorus</i>	32
10	<i>Asplanchna priodonta</i>	2
11	<i>Navicula hungarica var. capitata</i>	33
12	<i>Navicula rhynchocephata</i>	6
13	<i>Daphnia longispina</i>	33
14	<i>Cymatopleura solea</i>	21
15	<i>Synchaeta pectinata</i>	26

ВАРИАНТ		16
	Виды-индикаторы	Число особей (штук)
1	<i>Daphnia longispina</i>	26
2	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	20
3	<i>Euplotes patella</i>	12
4	<i>Navicula rhynchocephata</i>	18
5	<i>St. hantzschii</i>	2
6	<i>Stentor roeseli</i>	3
7	<i>Stylonychia mytilus</i>	45
8	<i>Chydorus sphaericus</i>	35
9	<i>St. dubius</i>	4
10	<i>Cymatopleura solea</i>	9
11	<i>Brachionus calyciflorus</i>	16
12	<i>Synedra acus</i>	10
13	<i>Navicula hungarica var. capitata</i>	56
14	<i>Keratella cochlearis</i>	38
15	<i>Cyclops strenuus</i>	33

Исходные данные. Результаты обработки гидробиологических проб

ВАРИАНТ 17		Число особей (штук)
	Виды-индикаторы	
1	<i>Pleurotrocha petromyzon</i>	18
2	<i>Philodina citrina</i>	9
3	<i>Notommata aurita</i>	26
4	<i>Nitzschia dissipata</i>	11
5	<i>Lecane lunaris</i>	4
6	<i>Keratella quadrata</i>	35
7	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	22
8	<i>Colurella colurus</i>	16
9	<i>Ceratium hirundinella</i>	42
10	<i>Bosmina longirostris similis</i>	3
11	<i>Asplanchna priodonta</i>	10
12	<i>Navicula radiosa</i>	4
13	<i>Nitzschia linearis</i>	35
14	<i>Amphora ovalis</i>	46
15	<i>Stephanodiscus astraea</i>	21

ВАРИАНТ 18		Число особей (штук)
	Виды-индикаторы	
1	<i>Synchaeta pectinata</i>	15
2	<i>Stentor polymorphus</i>	25
3	<i>Keratella cochlearis</i>	6
4	<i>Euchlanis dilatata</i>	1
5	<i>Cephalodella auriculata</i>	36
6	<i>Brachionus calyciflorus</i>	17
7	<i>Frontonia leucas</i>	24
8	<i>Pediastrum duplex</i>	17
9	<i>Navicula gracilis</i>	5
10	<i>Cymbella prostrata</i>	1
11	<i>Keratella quadrata</i>	20
12	<i>Lecane lunaris</i>	33
13	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	35
14	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	54
15	<i>Trachelomonas volvocina</i>	14

ВАРИАНТ 19		Число особей (штук)
	Виды-индикаторы	
1	<i>Amphora ovalis</i>	32
2	<i>Asplanchna priodonta</i>	24
3	<i>Bosmina longirostris similis</i>	28
4	<i>Cephalodella auriculata</i>	1
5	<i>Euchlanis dilatata</i>	5
6	<i>Keratella cochlearis</i>	20
7	<i>Synchaeta pectinata</i>	17
8	<i>Stephanodiscus astraea</i>	2
9	<i>Oocystis lacustris</i>	36
10	<i>Navicula radiosa</i>	33
11	<i>Navicula gracilis</i>	15
12	<i>Lecane lunaris</i>	13
13	<i>Synedra acus</i>	6
14	<i>Cephalodella catellina</i>	22
15	<i>Nitzschia linearis</i>	19

ВАРИАНТ 20		Число особей (штук)
	Виды-индикаторы	
1	<i>Pinnularia viridis</i>	23
2	<i>Loxophyllum meleagris</i>	15
3	<i>Navicula radiosa</i>	24
4	<i>Nitzschia linearis</i>	24
5	<i>Stephanodiscus astraea</i>	11
6	<i>Zoothamnium arbuscula</i>	4
7	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	32
8	<i>Asplanchna priodonta</i>	28
9	<i>Brachionus calyciflorus</i>	31
10	<i>Chydorus sphaericus</i>	22
11	<i>Daphnia longispina</i>	44
12	<i>Pediastrum duplex</i>	15
13	<i>Rotaria tardigrada</i>	11
14	<i>Stentor polymorphus</i>	23
15	<i>Trachelomonas volvocina</i>	9

Исходные данные. Результаты обработки гидробиологических проб

ВАРИАНТ 21			ВАРИАНТ 22		
	Виды-индикаторы	Число особей (штук)		Виды-индикаторы	Число особей (штук)
1	<i>Trachelomonas volvocina</i>	1	1	<i>Brachionus calyciflorus</i>	56
2	<i>Rotaria tardigrada</i>	25	2	<i>Stentor roeseli</i>	3
3	<i>Pediastrum duplex</i>	17	3	<i>St. hantzschii</i>	6
4	<i>Daphnia longispina</i>	6	4	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	24
5	<i>Chydorus sphaericus</i>	36	5	<i>Pediastrum duplex</i>	31
6	<i>Brachionus calyciflorus</i>	15	6	<i>Paramecium bursaria</i>	28
7	<i>Asplanchna priodonta</i>	35	7	<i>Cyclops strenuus</i>	13
8	<i>Pinnularia viridis</i>	17	8	<i>Navicula rhynchocephata</i>	35
9	<i>Stephanodiscus astraea</i>	16	9	<i>Daphnia longispina</i>	70
10	<i>Loxophyllum meleagris</i>	8	10	<i>Chydorus sphaericus</i>	34
11	<i>Navicula radiosa</i>	19	11	<i>Cymatopleura solea</i>	34
12	<i>Nitzschia linearis</i>	5	12	<i>Navicula hungarica</i> var. <i>capitata</i>	33
13	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	27	13	<i>St. dubius</i>	11
14	<i>Stentor polymorphus</i>	31	14	<i>Stylonychia mytilus</i>	18
15	<i>Zoothamnium arbuscula</i>	10	15	<i>Trachelomonas volvocina</i>	25

ВАРИАНТ 23			ВАРИАНТ 24		
	Виды-индикаторы	Число особей (штук)		Виды-индикаторы	Число особей (штук)
1	<i>Trachelomonas volvocina</i>	41	1	<i>Cyclops furcifer</i>	13
2	<i>Stylonychia mytilus</i>	2	2	<i>Notommata aurita</i>	42
3	<i>St. dubius</i>	33	3	<i>Philodina citrina</i>	42
4	<i>Navicula hungarica</i> var. <i>capitata</i>	31	4	<i>Oocystis lacustris</i>	30
5	<i>Daphnia longispina</i>	5	5	<i>Lecane lunaris</i>	45
6	<i>Cymatopleura solea</i>	13	6	<i>Keratella quadrata</i>	43
7	<i>Chydorus sphaericus</i>	8	7	<i>Keratella cochlearis</i>	40
8	<i>Brachionus calyciflorus</i>	13	8	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	23
9	<i>Stentor roeseli</i>	8	9	<i>Colurella colurus</i>	28
10	<i>St. hantzschii</i>	8	10	<i>Ceratium hirundinella</i>	57
11	<i>Cyclops strenuus</i>	23	11	<i>Asplanchna priodonta</i>	29
12	<i>Navicula rhynchocephata</i>	34	12	<i>Amphora ovalis</i>	15
13	<i>Paramecium bursaria</i>	28	13	<i>Nitzschia dissipata</i>	63
14	<i>Pediastrum duplex</i>	10	14	<i>Pleurotrocha petromyzon</i>	21
15	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	27	15	<i>Bosmina longirostris similis</i>	27

Исходные данные. Результаты обработки гидробиологических проб

ВАРИАНТ 25			ВАРИАНТ 26		
	Виды-индикаторы	Число особей (штук)		Виды-индикаторы	Число особей (штук)
1	<i>Pleurotrocha petromyzon</i>	20	1	<i>Asplanchna priodonta</i>	1
2	<i>Nitzschia dissipata</i>	11	2	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	35
3	<i>Lecane lunaris</i>	18	3	<i>Pediastrum boryanum</i>	7
4	<i>Keratella quadrata</i>	13	4	<i>Cocconeis pediculus</i>	44
5	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	35	5	<i>Closterium moniliferum</i>	5
6	<i>Bosmina longirostris similis</i>	24	6	<i>Chydorus sphaericus</i>	8
7	<i>Amphora ovalis</i>	3	7	<i>Synchaeta pectinata</i>	6
8	<i>Cyclops furcifer</i>	15	8	<i>Pediastrum duplex</i>	15
9	<i>Notommata aurita</i>	30	9	<i>Gomphonema olivaceum</i>	45
10	<i>Asplanchna priodonta</i>	18	10	<i>Daphnia longispina</i>	6
11	<i>Oocystis lacustris</i>	5	11	<i>Trachelomonas volvocina</i>	19
12	<i>Keratella cochlearis</i>	8	12	<i>Cladophora glomerata</i>	9
13	<i>Ceratium hirundinella</i>	24	13	<i>Keratella cochlearis</i>	15
14	<i>Colurella colurus</i>	27	14	<i>St. dubius</i>	22
15	<i>Philodina citrina</i>	17	15	<i>Zoothamnium arbuscula</i>	34

ВАРИАНТ 27		
	Виды-индикаторы	Число особей (штук)
1	<i>Zoothamnium arbuscula</i>	12
2	<i>Trachelomonas volvocina</i>	17
3	<i>St. dubius</i>	6
4	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	28
5	<i>Pediastrum boryanum</i>	17
6	<i>Keratella cochlearis</i>	15
7	<i>Gomphonema olivaceum</i>	37
8	<i>Daphnia longispina</i>	14
9	<i>Closterium moniliferum</i>	26
10	<i>Cladophora glomerata</i>	5
11	<i>Chydorus sphaericus</i>	15
12	<i>Asplanchna priodonta</i>	8
13	<i>Cocconeis pediculus</i>	22
14	<i>Synchaeta pectinata</i>	31
15	<i>Pediastrum duplex</i>	28

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7.
ОВЛАДЕНИЕ НОРМАТИВАМИ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ
ОЦЕНКИ ПОЧВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ
ОТНОСИТЕЛЬНО УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОЙ СИТУАЦИИ,
ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ И
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЕДСТВИЯ

Цель и порядок выполнения

Цель: освоить идентификацию экологической ситуации по основным и дополнительным показателям санитарно-гигиенического состояния почв.

Задачи.

Ознакомиться с критериями экологической оценки состояния почв по «Критериям оценки экологической обстановки территорий для выявления зон ЧЭС и зон ЭБ» (утв. Минприроды РФ 30.11.1992) — см. [6].

2) Проанализировать задание и понять, о каком показателе идет речь. Выполнить необходимые действия, предписанные индивидуальным заданием (расчёты по формулам, осреднение).

3) Оценить экологическое состояние (идентифицировать экологическую ситуацию) как удовлетворительную, ЧЭС или ЭБ. Обосновать вывод рассчитанным и нормативным значениями!

**Понятия, формулы, требования и нормативные ссылки и справочные
данные (в конспект)**

Необходимые для решения задачи справочные данные представлены в таблице 7.1 и 7.2.

**Извлечение из «Критерии оценки экологической обстановки территорий
для выявления зон ЧЭС и зон ЭБ» (утв. Минприроды РФ 30.11.1992)**

Таблица 7.1

Критерии экологического состояния почв селитебных территорий

№	Показатели	ЭБ	ЧЭС	Относ. удовл.
1	2	3	4	5
Основные показатели:				
1	МЭД на уровне 1 м от почвы, мкР/час	более 400	200...400	до 20
2	Радиоактивное загрязнение, Ки/км ² : цезий-137 стронций-90 плутоний (сумма изотопов)	более 40 более 3 более 0,1	15...40 1...3 более 0,1	до 1 до 0,3 отсутствие
3	Суммарный показатель хим. загрязнения Zс	более 128	32...128	менее 16
Дополнительные показатели:				
1	Содержание яиц гельминтов в 1 кг почвы	более 100	10...100	отсутствие
2	Число патогенных МО в 1 г почвы	более 10 ⁶	10 ⁵ ...10 ⁶	менее 10 ⁴
3	Коли-титр (наименьшая масса почвы в г, в которой содержится 1 кишечная палочка)	менее 0,001	0,01...0,001	более 1,0
4	Генотоксичность почвы (рост числа мутаций по сравнению с контролем), число раз	более 1000	100...1000	до 2

Таблица 7.2

**Критерии экологической оценки состояния почв (актуальные для с. х.
параметры и критерии оценки почв)**

№	Показатели	ЭБ	ЧЭС	Отн. удовлетв.
Основные показатели:				
1	Площадь выведенных из сельхозоборота земель вследствие их деградации, % от общей площади сельхозугодий	более 50	30...50	до 5
2	Уничтожение гумусового горизонта	A + B	A _{пах} (A1)	до 0,1A
3	Перекрытость поверхности почвы абиотическими наносами, см	более 20	10...20	отсутствие
4	Увеличение плотности почвы, кратность равновесной	более 1,4	1,3...1,4	до 1,1
5	Превышение уровня грунтовых вод, % от критического	более 50	25...50	допустимый уровень
6	Радиоактивное загрязнение, Ки/км ² : цезий-137 стронций-90 плутоний (сумма изотопов)	свыше 40 свыше 3 свыше 0,1	15...40 1...3 свыше 0,1	до 1 до 0,3 отсутствие

1	2	3	4	5
Основные показатели:				
	стронций-90 плутоний (сумма изотопов)	свыше 3 свыше 0,1	1...3 свыше 0,1	до 0,3 отсутствие
7	Потери гумуса в пахотных почвах за период 10 лет, в относительных %	свыше 25	10...25	менее 1
8	Увеличение содержания легкорастворимых солей, г/100г	более 0,8	0,4...0,8	до 0,1
9	Увеличение доли обменного натрия, % от ЕКО (ёмкости катионного обмена)	более 25	10...25	до 5
10	Превышение ПДК химических ЗВ: 1-го класса опасности (включая бенз-а-пирен, диоксины)	более 3	2...3	до 1
	2-го класса опасности	более 10	5...10	до 1
	3-го класса (вкл. нефть и нефтепрод.)	более 20	10...20	до 1
11	Снижение уровня активной микробной массы, кратность	более 100	50...100	до 5
12	Фитотоксичность почвы (снижение числа проростков), кратность по сравнению с фоном	более 2	1,4...2,0	до 1,1
Дополнительные показатели:				
13	Доля загрязненной основной с.-х. продукции, % от объёма проверенной	более 50	25...50	до 5
14-17	См. доп. показатели к табл. 4.8.			

Упражнение

Исходные данные: представлены ниже.

Требуется: провести расчёты и ответить на вопросы в соответствии с индивидуальным заданием.

Вар. 1.

Мощность гумусового горизонта (по результатам почвенного обследования), см

Дата	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5	Точка 6	Точка 7	Точка 8	Точка 9	Точка 10
04.06.2018	34	38	29	34	37	32	31	34	40	37
03.06.2023	33	36	30	34	38	29	30	33	40	35

Оцените среднюю скорость сработки гумусового горизонта и идентифицируйте экологическую ситуацию на территории.

Вар. 2.

Перед началом процесса ликвидации строительной базы было проведено обследование территории пункта складирования сыпучих строительных материалов (результаты представлены в таблице)

Таблица. Перекрытость поверхности почвы абиотическими наносами

Номер точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мощность наносов, см	5	4	2	12	14	1	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	менее 1

Оцените экологическую ситуацию в целом на рекультивируемой территории.

Вар. 3.

Всхожесть семян (число проростков на 100 семян)

Номера посевов	1 и 2	3 и 4	5 и 6	7 и 8	9 и 10
Исследуемая почва	7	14	12	11	12
Эталонная почва	88	92	90	89	91

Оцените фитотоксичность почвы и идентифицируйте экологическую ситуацию на территории.

Вар. 4.

Результаты исследования загрязнённости почвы радиоизотопами, Ки/км²

Дата	Точка 1	Точка 2	Точка 3
Цезий-137	120	94	98
Стронций-60	4	6	5
Плутоний 239, 240	0,8	0,5	0,6

Идентифицируйте экологическую ситуацию на территории.

Вар. 5.

На овощную базу доставили партию томатов общим весом 400 тонн. В лаборатории было установлено, что из 100 проверенных томатов в 34 превышено содержание нитратов. Оцените количество томатов неудовлетворительного качества. Идентифицируйте экологическую ситуацию в районе выращивания этих овощей.

Вар. 6.

На некоторой с/х территории (для которой исходя из требований растений и условий производства с/х работ критическим принимается положение УГВ = 1,0 м), в результате строительства плотинного водозабора произошёл подъём УГВ. Результаты замеров представлены в таблице. Таблица. Глубина УГВ, м

	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5	Точка 6	Точка 7	Точка 8	Точка 9	Точка 10
До строительства	2	1,7	1,51	1,35	1,2	1,1	1,05	1,03	1,0	1,0
После строительства	0,5	0,65	0,7	0,73	0,8	0,83	0,9	0,95	0,97	0,97

Оцените среднее поднятие УГВ, его новую глубину и идентифицируйте экологическую ситуацию.

Вар. 7.

В результате работы цементного завода территория оказалась загрязнена остатками сырья и продуктами производства. Результаты обследования представлены в таблице.

Таблица. Перекрытость поверхности почвы абиотическими наносами

Номер точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мощность наносов, см	11	12	10	9	4	15	12	11	12	10

Найдите среднюю мощность отложений и идентифицируйте экологическую ситуацию на территории.

Вар. 8.

На овощную базу доставили партию арбузов общим весом 650 тонн. В лаборатории было установлено, что из 100 проверенных плодов в 45 превышено содержание нитратов и нитритов. Оцените количество арбузов неудовлетворительного качества. Идентифицируйте экологическую ситуацию в районе выращивания этих арбузов.

Вар. 9.

На некоторой с/х территории (для которой исходя из требований растений критической принимается глубина УГВ = 1,2 м), в результате искусственного подпора на реке произошёл подъём УГВ. Результаты замеров представлены в таблице.

Таблица. Глубина УГВ, м

	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5	Точка 6	Точка 7	Точка 8	Точка 9	Точка 10
До строительства	4	3,7	3,5	3,4	3,3	3,2	3,05	3	2,9	2,86
После строительства	0,8	1,2	1,32	1,4	1,45	1,5	1,6	1,7	1,75	1,8

Оцените среднее поднятие УГВ, его новую глубину и идентифицируйте экологическую ситуацию.

Вар. 10.

На некой территории ($S = 52,2 \text{ км}^2$) по причине нерационального природопользования из хозяйственного оборота было выведено $6,2 \text{ км}^2$ ранее использовавшихся сельскохозяйственных земель.

Идентифицируйте экологическую ситуацию на объекте.

Вар. 11.

Всхожесть семян, число проростков на 100 семян

Номера посевов	1 и 2	3 и 4	5 и 6	7 и 8	9 и 10
Исследуемая почва	12	18	14	15	22
Эталонная почва	85	97	92	95	99

Оцените фитотоксичность почвы и идентифицируйте экологическую ситуацию на территории.

Вар. 12.

Плотность почвы, кг/дм^3 (по результатам почвенного обследования)

Дата	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5	Точка 6	Точка 7	Точка 8	Точка 9	Точка 10
25.06.2005	1,60	1,80	1,77	1,74	1,72	1,81	1,84	1,71	1,74	1,78
3.07.2010	1,64	1,82	1,76	1,74	1,75	1,86	1,82	1,74	1,77	1,88

Оцените кратность увеличения плотности почвы и идентифицируйте экологическую ситуацию на территории.

Вар. 13.

На некоторой территории (для которой исходя из условия неподтопления фундаментов сооружений критической принимается глубина УГВ = 3,0 м), в результате гидротехнического строительства произошёл подъём УГВ. Результаты замеров представлены в таблице. Таблица. Глубина УГВ, м

	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5	Точка 6	Точка 7	Точка 8	Точка 9	Точка 10
До строительства	4,5	4,35	4,25	4,1	3,9	3,8	3,73	3,7	3,9	3,56
После строительства	1	1,8	2,2	2,35	2,5	2,62	2,8	2,9	3	3,1

Оцените среднее поднятие УГВ, его новую глубину и идентифицируйте экологическую ситуацию.

Вар. 14.

Результаты исследования загрязнённости почвы радиоизотопами, Ки/км^2

Дата	Точка 1	Точка 2	Точка 3
Цезий-137	24	29	25
Стронций-90	2	2	2
Плутоний 239, 240	0,05	0,05	0,04

Идентифицируйте экологическую ситуацию на территории.

Вар. 15.

Перед началом процесса ликвидации пункта складирования сыпучих строительных материалов было проведено обследование территории (результаты представлены в таблице)

Таблица. Перекрытость поверхности почвы абиотическими наносами

Номер точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Мощность наносов, см	18	12	10	14	11	10	21	15	15	менее 1
----------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---------

Оцените экологическую ситуацию в целом на рекультивируемой территории.

Вар. 16.

Мощность гумусового горизонта (по результатам почвенного обследования), см

Дата	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5	Точка 6	Точка 7	Точка 8	Точка 9	Точка 10
04.06.2018	52	51	54	51	54	49	55	50	51	49
08.06.2023	50	51	53	52	52	48	53	50	51	48

Оцените среднюю скорость сработки гумусового горизонта и идентифицируйте экологическую ситуацию на территории.

Вар. 17.

Исходные данные представлены в таблице.

Таблица. Результаты исследования загрязнённости почвы радиоизотопами, Ки/км²

Дата	Точка 1	Точка 2	Точка 3
Цезий-137	0,5	0,6	0,8
Стронций-60	0,2	0,2	0,2
Плутоний 239, 240	-	-	-

Идентифицируйте экологическую ситуацию на территории.

Вар. 18.

На некоторой территории (для которой исходя из условия неподтопления фундаментов сооружений критической принимается глубина УГВ = 3,0 м), в результате создания водохранилища произошёл подъём УГВ. Результаты замеров представлены в таблице.

Таблица. Глубина УГВ, м

	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5	Точка 6	Точка 7	Точка 8	Точка 9	Точка 10
До строительства	5,02	4,81	4,56	4,48	4,42	4,4	4,4	4,38	4,3	4,29
После строительства	0,8	1,0	1,4	1,75	2,2	2,45	2,6	2,75	2,8	2,3

Оцените среднее поднятие УГВ, его новую глубину и идентифицируйте экологическую ситуацию.

Вар. 19.

Плотность почвы, кг/дм³ (по результатам почвенного обследования)

Дата	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5	Точка 6	Точка 7	Точка 8	Точка 9	Точка 10
25.06.2005	1,2	1,35	1,18	1,18	1,19	1,16	1,18	1,17	1,24	1,21
3.07.2009	1,55	1,37	1,25	1,22	1,27	1,15	1,29	1,31	1,31	1,38

Оцените кратность увеличения плотности почвы и идентифицируйте экологическую ситуацию на территории.

Вар. 20.

Всхожесть семян, число проростков на 100 семян

Номера посевов	1 и 2	3 и 4	5 и 6	7 и 8	9 и 10
Исследуемая почва	98	96	87	94	95
Эталонная почва	99	97	92	95	99

Оцените фитотоксичность почвы и идентифицируйте экологическую ситуацию на территории.

Вар. 21.

На овощную базу доставили партию дынь общим весом 200 тонн. В лаборатории было установлено, что из 100 проверенных плодов в 54 превышено содержание нитритов.

Оцените количество дынь неудовлетворительного качества.

Идентифицируйте экологическую ситуацию в районе выращивания этих дынь.

Вар. 22.

На некоторой с/х территории (для которой исходя из требований растений и условий производства работ критическим принимается положение УГВ = 0,8 м), в результате

строительства плотинного водозабора произошёл подъём УГВ. Результаты замеров представлены в таблице.

Таблица. Глубина УГВ, м

	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5	Точка 6	Точка 7	Точка 8	Точка 9	Точка 10
До строительства	1,35	1,22	1,20	1,18	1,09	1,05	1,08	1,07	1,04	1,04
После строительства	0,95	0,82	0,79	1,78	0,78	0,77	0,75	0,77	0,78	0,74

Оцените среднее поднятие УГВ, его новую глубину и идентифицируйте экологическую ситуацию.

Вар. 23.

Микробное дыхание (МД) почвенных микроорганизмов определяли в образцах почвы без корней растений, которые удалены их просеиванием.

В заповедном лесу оно составило (мкг $\text{CO}_2\text{-C г}^{-1} \text{ч}^{-1}$):

1,81 (проба 1), 1,75 (проба 2), 1,88 (проба 3).

В лесу, расположенном в зоне вероятного загрязнения (мкг $\text{CO}_2\text{-C г}^{-1} \text{ч}^{-1}$):

1,51 (проба 4), 1,33 (проба 5), 1,24 (проба 6).

Оцените экологическую обстановку.

Вар. 24.

Микробное дыхание (МД) почвенных микроорганизмов определяли в образцах почвы без корней растений, которые удалены их просеиванием.

В заповедном лесу оно составило (мкг $\text{CO}_2\text{-C г}^{-1} \text{ч}^{-1}$):

1,81 (проба 1), 1,69 (проба 2), 1,82 (проба 3).

В лесу, расположенном в зоне промышленного загрязнения (мкг $\text{CO}_2\text{-C г}^{-1} \text{ч}^{-1}$):

0,20 (проба 4), 0,21 (проба 5), 0,33 (проба 6).

Оцените экологическую обстановку.

Вар. 25.

Опорное значение скорости базального дыхания по данным о незагрязнённой почве принято на уровне 1,62 мкг $\text{C-CO}_2/(\text{г ч})$. Измеренные значения на загрязнённом изучаемом участке составили 1,33; 1,38; 1,24; 1,24 и 1,11.

Сделайте вывод о соответствии ситуации норме, ЧЭС или ЭБ.

Вар. 26.

Опорное значение скорости базального дыхания по данным о незагрязнённой почве принято на уровне 3,13 мкг $\text{C-CO}_2/(\text{г ч})$. Измеренные значения на промышленно загрязнённом изучаемом участке составили 0,23; 0,20; 0,22; 0,12 и 0,10.

Сделайте вывод о соответствии ситуации норме, ЧЭС или ЭБ.

Вар. 27.

В почве под лесом (устойчивая зрелая экосистема) отмечено низкое удельное дыхание микробной биомассы 2,5 мкг $\text{C-CO}_2/(\text{мг } C_{\text{мик}} \text{ч})$. Данное значение принято за опорное. На предположительно загрязнённом участке, оценку которого надо сделать, данный показатель по четырём пробам составил соответственно 2,0 ; 2,1; 1,9; 2,4 и 2,6.

Осредните измеренные значения и сделайте вывод.

Вар. 28.

На овощную базу доставили партию томатов общим весом 30 тонн. В лаборатории было установлено, что из 50 проверенных плодов в 2 превышено содержание нитритов.

Оцените количество дынь неудовлетворительного качества. Идентифицируйте экологическую ситуацию в районе выращивания этих томатов.

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8. ОВЛАДЕНИЕ НОРМАТИВАМИ В ОБЛАСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ РАДИАЦИОННО ЗАГРЯЗНЁННЫХ УЧАСТКОВ

Цель и порядок выполнения

Цель: освоить идентификацию экологической ситуации по эффективной эквивалентной дозе облучения и загрязнению почв радионуклидами.

Задачи.

1) Ознакомиться с понятием зон *радиоактивного загрязнения* и критериями выделения зон радиоактивного загрязнения по действующей редакции Закона РФ «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» [11].

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5323/?ysclid=lp3ql2euf8646587900

2) Проанализировать условие задачи и идентифицировать зону. Обосновать вывод нормативными значениями.

3) Ознакомиться с понятием «*радиационно загрязненный участок*» и мерами по их реабилитации по ФЗ «О специальных экологических программах реабилитации радиационно загрязненных участков территории» [12].

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_32441/?ysclid=lp3qgexk9b798585758

Справочные материалы

Извлечение из Закона РФ «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» дано в таблице 8.1.

Критерии выделения зон радиоактивного загрязнения

Название	Нормативы для выделения зоны
Зона отчуждения	Это территория вокруг Чернобыльской АЭС, а также часть территории РФ, загрязненные радиоактивными веществами вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, из которых в соответствии с НРБ (Нормами радиационной безопасности) в 1986 и в 1987 годах население было эвакуировано (ранее — «30-километровая зона»). В зоне отчуждения на территории РФ запрещается постоянное проживание населения, ограничивается хозяйственная деятельность и природопользование. Перечень видов хозяйственной деятельности, порядок ее организации и природопользования в зоне отчуждения устанавливаются Правительством РФ.
Зона отселения	Это территория вне зоны отчуждения, на которой плотность загрязнения почв цезием-137 составляет $> 15 \text{ Ки/км}^2$, или стронцием-90 $> 3 \text{ Ки/км}^2$, или плутонием-239 $> 0,1 \text{ Ки/км}^2$. <u>На территориях зоны отселения, где плотность загрязнения почв цезием-137 составляет свыше 40 Ки/км^2, а также на территориях этой зоны, где среднегодовая ЭЭД облучения населения от радиоактивных выпадений может превысить $5,0 \text{ мЗв}$ ($0,5 \text{ бэр}$), население подлежит обязательному отселению, переселение людей на указанные территории зоны отселения вплоть до снижения риска радиационного ущерба до установленного приемлемого уровня запрещается.</u> На остальной территории зоны отселения граждане, принявшие решение о выезде на другое место жительства, также имеют право на возмещение вреда и меры социальной поддержки.
Зона проживания с правом на отселение	Это территория вне зон отчуждения и отселения, на которой плотность загрязнения цезием-137 равна от 5 до 15 Ки/км^2 . <u>Граждане, проживающие в населенных пунктах этой зоны, в которых среднегодовая ЭЭД облучения населения превышает 1 мЗв ($0,1 \text{ бэр}$), и принявшие решение о выезде на другое место жительства, имеют право на возмещение вреда и меры соцподдержки</u>
Зона проживания с льготным социально-экономическим статусом	Это часть территории РФ за пределами зон отчуждения, отселения и проживания с правом на отселение с плотностью радиоактивного загрязнения почвы цезием-137 от 1 до 5 Ки/км^2 и среднегодовой ЭЭД не более 1 мЗв ($0,1 \text{ бэр}$). Здесь кроме комплекса контрмер, включающего медицинские мероприятия по радиационной и радиэкологической защите, создается хозяйственно-экологическая структура, обеспечивающая улучшение качества жизни населения выше среднего уровня, компенсирующая отрицательное воздействие психоэмоциональной нагрузки, связанной с чернобыльской катастрофой.

Пример выполнения задачи

Исходные данные. Семья, проживающая в одном из населённых пунктов Брянской области, относимом к зоне проживания с правом на отселение, с загрязнением почв цезием-137 на уровне 6 Ки/км^2 , приняла

решение о переезде в Самарскую область. Имеет ли она право на государственную компенсацию своих расходов, если среднегодовая эффективная эквивалентная доза на их нынешнем месте жительства оценена на уровне 2 мЗв?

Решение. Согласно ст. 10 Закона РФ от 15.05.1991 N 1244-1 (ред. от 28.12.2022) «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС», зона проживания с правом на отселение — это территория вне зон отчуждения и отселения, на которой плотность загрязнения цезием-137 равна от 5 до 15 Ки/км². Граждане, проживающие в населенных пунктах этой зоны, в которых среднегодовая ЭЭД облучения населения превышает 1 мЗв (0,1 бэр), и принявшие решение о выезде на другое место жительства, имеют право на возмещение вреда и меры соцподдержки.

Ответ. Т. к. среднегодовая ЭЭД в населённом пункте, относимом к зоне проживания с правом на отселение, составляет 2 мЗв и по числовому значению превышает критическое значение, равное 1 мЗв, с которого появляется право на возмещение вреда и меры соцподдержки, то семья может при переезде воспользоваться этим правом.

Упражнение

Исходные данные: представлены в таблице 8.2.

Требуется: ответить на вопросы.

Таблица 8.2

Варианты исходных данных

Вариант	Условие задачи и вопросы
1	В 2007 году в результате изучения радиоактивной обстановки в одном из районов Брянской области было установлено, что загрязнение почв цезием-137 в среднем по району составляет 6 Ки/км ² . Среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 1,2 мЗв. Какой эколого-правовой статус должна иметь данная территория? Охарактеризуйте правовой режим соответствующей зоны.
2	Гражданин, проживающий в одном из районов Смоленской области с загрязнение почв цезием-137 в среднем по району 11 Ки/км ² , принял решение о

	переезде в Ленинградскую область. Имеет ли он право на государственную компенсацию своих расходов, если среднегодовая эффективная эквивалентная доза на прежнем его месте жительства оценена на уровне 0,2 Бэр?
--	---

Варианты исходных данных

Вариант	Условие задачи и вопросы
3	Подлежит ли обязательному отселению население, проживающее в одном из районов Смоленской области с загрязнением почв цезием-137 а среднем по району 50 Ки/км ² , если среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 8 мЗв?
4	В 2022 году в результате изучения радиоактивной обстановки в одном из районов Тульской области было установлено, что загрязнение почв цезием-137 а среднем по району составляет 8 Ки/км ² . Среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 1,8 мЗв. Какой эколого-правовой статус должна иметь данная территория? Охарактеризуйте правовой режим соответствующей зоны.
5	Гражданин, проживающий в одном из районов Брянской области с загрязнение почв цезием-137 а среднем по району 14 Ки/км ² , принял решение о переезде в Псковскую область. Имеет ли он право на государственную компенсацию своих расходов, если среднегодовая эффективная эквивалентная доза на прежнем его месте жительства оценена на уровне 0,3 Бэр?
6	Подлежит ли обязательному отселению население, проживающее в одном из районов Брянской области с загрязнением почв цезием-137 в среднем по району 60 Ки/км ² , если среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 9 мЗв?
7	Подлежит ли обязательному отселению население, проживающее в одном из районов Брянской области с загрязнением почв цезием-137 в среднем по району 70 Ки/км ² , если среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 1 Бэр?
8	В 2007 году в результате изучения радиоактивной обстановки в одном из районов Смоленской области было установлено, что загрязнение почв цезием-137 а среднем по району составляет 7 Ки/км ² . Среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 1,4 мЗв. Какой эколого-правовой статус должна иметь данная территория? Охарактеризуйте правовой режим соответствующей зоны.
9	Гражданин, проживающий в одном из районов Тульской области с загрязнение почв цезием-137 в среднем по району 13 Ки/км ² , принял решение о переезде в Тверскую область. Имеет ли он право на государственную компенсацию своих расходов, если среднегодовая эффективная эквивалентная доза на прежнем его месте жительства оценена на уровне 0,25 Бэр?
10	Подлежит ли обязательному отселению население, проживающее в одном из районов Брянской области с загрязнением почв цезием-137 а среднем по району 70 Ки/км ² , если среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 1 Бэр?
11	В 2009 году в результате изучения радиоактивной обстановки в одном из районов Тульской области было установлено, что загрязнение почв цезием-137 в среднем по району составляет 10 Ки/км ² . Среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 1,9 мЗв. Какой эколого-правовой статус должна иметь данная территория? Охарактеризуйте правовой режим соответствующей зоны.

Варианты исходных данных

Вариант	Условие задачи и вопросы
12	Гражданин, проживающий в одном из районов Смоленской области с загрязнение почв цезием-137 а среднем по району 6 Ки/км ² , принял решение о переезде в Краснодарский край. Имеет ли он право на государственную компенсацию своих расходов, если среднегодовая эффективная эквивалентная доза на прежнем его месте жительства оценена на уровне 1,5 мЗв?
13	В 2022 году в результате изучения радиоактивной обстановки в одном из районов Тульской области было установлено, что загрязнение почв цезием-137 а среднем по району составляет 12 Ки/км ² . Среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 0,3 Бэр. Какой эколого-правовой статус должна иметь данная территория? Охарактеризуйте правовой режим соответствующей зоны.
14	Гражданин, проживающий в одном из районов Брянской области с загрязнение почв цезием-137 а среднем по району 4 Ки/км ² , принял решение о переезде в Краснодарский край. Имеет ли он право на государственную компенсацию своих расходов, если среднегодовая эффективная эквивалентная доза на прежнем его месте жительства оценена на уровне 0,5 мЗв?
15	Подлежит ли обязательному отселению население, проживающее в одном из районов Тульской области с загрязнением почв цезием-137 а среднем по району 45 Ки/км ² , если среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 0,6 Бэр?
16	В 2022 году в результате изучения радиоактивной обстановки в одном из районов Брянской области было установлено, что загрязнение почв цезием-137 а среднем по району составляет 6 Ки/км ² . Среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 1,2 мЗв. Какой эколого-правовой статус должна иметь данная территория? Охарактеризуйте правовой режим соответствующей зоны.
17	Семья, проживающая в одном из районов Смоленской области с загрязнением почв цезием-137 а среднем по району 11 Ки/км ² , приняла решение о переезде в Московскую область. Имеет ли он право на государственную компенсацию своих расходов, если среднегодовая эффективная эквивалентная доза на прежнем его месте жительства оценена на уровне 0,2 Бэр?
18	Подлежит ли обязательному отселению население, проживающее в одном из районов Смоленской области с загрязнением почв цезием-137 а среднем по району 52 Ки/км ² , если среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 9 мЗв?
19	В 2016 году в результате изучения радиоактивной обстановки в одном из районов Тульской области было установлено, что загрязнение почв цезием-137 а среднем по району составляет 8 Ки/км ² . Среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 1,8 мЗв. Какой эколого-правовой статус должна иметь данная территория? Охарактеризуйте правовой режим соответствующей зоны.
20	Семья, проживающая в одном из районов Брянской области с загрязнением почв цезием-137 а среднем по району 14 Ки/км ² , приняла решение о переезде в Новгородскую область. Имеет ли он право на государственную компенсацию своих расходов, если среднегодовая эффективная эквивалентная доза на прежнем его месте жительства оценена на уровне 0,3 Бэр?

Варианты исходных данных

Вариант	Условие задачи и вопросы
21	Подлежит ли обязательному отселению население, проживающее в одном из районов Брянской области с загрязнением почв цезием-137 в среднем по району 58 Ки/км ² , если среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 8 мЗв?
22	Подлежит ли обязательному отселению население, проживающее в одном из районов Брянской области с загрязнением почв цезием-137 в среднем по району 71 Ки/км ² , если среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 1 Бэр?
23	В 2023 году в результате изучения радиоактивной обстановки в одном из районов Смоленской области было установлено, что загрязнение почв цезием-137 в среднем по району составляет 8 Ки/км ² . Среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 1,5 мЗв. Какой эколого-правовой статус должна иметь данная территория? Охарактеризуйте правовой режим соответствующей зоны.
24	Семья, проживающая в одном из районов Тульской области с загрязнением почв цезием-137 в среднем по району 13 Ки/км ² , приняла решение о переезде в Ивановскую область. Имеет ли она право на государственную компенсацию своих расходов, если среднегодовая эффективная эквивалентная доза на прежнем их месте жительства оценена на уровне 0,25 Бэр?
25	Подлежит ли обязательному отселению население, проживающее в одном из районов Брянской области с загрязнением почв цезием-137 в среднем по району 71 Ки/км ² , если среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 1 Бэр?
26	В 2018 году в результате изучения радиоактивной обстановки в одном из районов Тульской области было установлено, что загрязнение почв цезием-137 в среднем по району составляет 10 Ки/км ² . Среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 1,9 мЗв. Какой эколого-правовой статус должна иметь данная территория? Охарактеризуйте правовой режим соответствующей зоны.
27	Группа граждан, проживающих в одном из районов Смоленской области с загрязнением почв цезием-137 в среднем по району 6 Ки/км ² , приняла решение о переезде в Краснодарский край. Имеют ли эти люди право на государственную компенсацию своих расходов, если среднегодовая эффективная эквивалентная доза на прежнем их месте жительства оценена на уровне 1,5 мЗв?
28	В 2022 году в результате изучения радиоактивной обстановки в одном из районов Тульской области было установлено, что загрязнение почв цезием-137 в среднем по району составляет 12 Ки/км ² . Среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне 0,3 Бэр. Какой эколого-правовой статус должна иметь данная территория? Охарактеризуйте правовой режим соответствующей зоны.
29	Семья, проживающая в одном из районов Брянской области с загрязнением почв цезием-137 в среднем по району 4 Ки/км ² , приняла решение о переезде в Самарскую область. Имеет ли она право на государственную компенсацию своих расходов, если среднегодовая эффективная эквивалентная доза на прежнем месте жительства оценена на уровне 0,5 мЗв?
30	Подлежит ли обязательному отселению население, проживающее в одном из районов Тульской области с загрязнением почв цезием-137 в среднем по району 44 Ки/км ² , если среднегодовая эффективная эквивалентная доза оценена на уровне

	0,7 Бэр?
--	----------

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 9

ОВЛАДЕНИЕ МЕТОДИКОЙ РАСЧЁТА НОРМАТИВОВ ДОПУСТИМЫХ СБРОСОВ

Цель и порядок выполнения

Цель: освоить методику расчёта НДС.

Задачи

- 1) Ознакомиться с нормированием сбросов на различных уровнях управления — см. Минприроды РФ от 29.12.2020 г. № 1118 «Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей» [5].
- 2) Ознакомиться с примером расчёта НДС.
- 3) Вычислить НДС упрощенно по балансовому уравнению, без учета ассимилирующей способности и особенностей водовыпуска.
- 4) пуска.
- 5) Вычислить НДС с учётом особенностей смешения.

Справочные материалы

Предельно допустимый сброс вещества в ВО (ПДС) — масса веществ в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте ВО в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте. ПДС устанавливается с учетом ПДК веществ в местах водопользования, ассимилирующей способности водного объекта и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями, сбрасывающими сточные воды (ГОСТ 17.1.1.01-77).

Для расчета ПДС требуются: схема выпусков сточных вод (включая канализацию и ливнесток); утвержденный список ЗВ по каждому выпуску

сточных вод; наличие утвержденного графика отбора и проведения анализов сточных вод; наличие данных их хим. анализа, проведенного в химической лаборатории, прошедшей государственную аттестацию. Разработка проекта НДС и регулярное проведение инвентаризации сбросов — обязанности природопользователя.

Последовательность разработки проекта НДС.

1. Инвентаризация источников сбросов (определяются способы отведения сточных вод с территории, наличие ливневой канализации и очистных сооружений, пути отведения х.-б. сточных вод).

2. Выявление водоохранных ограничений в районе расположения исследуемого объекта (зоны санитарной охраны — ЗСО, водоохранной зоны — ВОЗ).

3. Расчёт НДС.

Параметры, учитываемые при установлении НДС и ВСС: основные характеристики ВО, в который осуществляется сброс (в т. ч. способность ассимиляции); тип водопользования; основные параметры и расположение створов для выпуска сточных вод; значения фоновых концентраций в ВО.

МЕТОДИКА РАСЧЁТА НДС. Расчёт НДС осуществляется по [5].

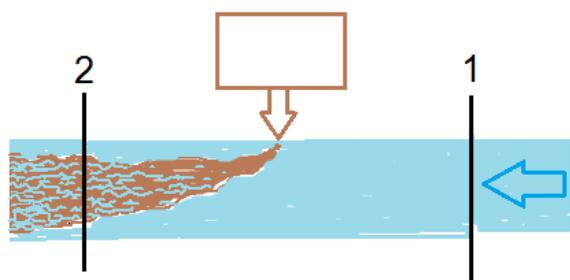


Рис. 9.1. Компонировка контрольных створов: 1 – выше по течению, 2 – ниже по течению

Створ 1, задаваемый для определения фоновой концентрации веществ (рис. 9.1), должен располагаться выше проектируемого или действующего выпуска сточных, в т. ч. дренажных вод, на расстоянии, гарантирующем отсутствие влияния сточных вод на качество вод ВО (для

больших и средних рек это расстояние составляет 1 км, для малых — 500 м, выбор иного расстояния должен быть обоснован водопользователем).

При сбросе или др. видах хозяйственной деятельности, влияющих на состояние ВО, используемых для питьевых и х.-б. целей, нормативы качества

вод или их природный состав и свойства выдерживаются на водотоках, начиная со створа 2 (рис. 9.1), расположенного не далее 500 м по течению от места сброса сточных вод на водотоках, на водоемах — на акватории в радиусе 500 м от места сброса. При сбросе в черте населенных мест контрольный створ должен быть расположен непосредственно у места сброса.

В водохранилищах и в нижнем бьефе плотины гидроэлектростанции, работающей в резко переменном режиме, учитывается возможность воздействия на пункты водопользования обратного течения при резкой смене режима работы электростанции или прекращении её работы.

Для ФЛ или ЮЛ, которые осуществляют ввод в эксплуатацию новых или реконструированных объектов со стационарными источниками сбросов в ВО, при наличии НДС, разработанных в соответствии с Методикой, в составе утвержденной в установленном порядке проектной документации строительства (реконструкции) зданий и сооружений, утверждение НДС осуществляется на срок достижения проектных показателей (но не более 2-х лет). При установлении НДС на уровне нормативов качества воды ВО НДС утверждаются на 5 лет, а при установлении НДС с учетом разбавления — на 3 года.

Величины НДС определяются исходя из нормативов качества воды ВО. В случае одновременного использования водного объекта или его участка для различных нужд для состава и свойств его вод принимаются наиболее жесткие нормы качества воды из числа установленных.

Если нормативы качества воды в ВО не могут быть достигнуты из-за воздействия природных факторов, не поддающихся регулированию, то величины НДС определяются исходя из условий соблюдения в контрольном пункте (створе) сформировавшегося природного фонового качества воды.

НДС рассчитывается для каждого i -го загрязнителя по всем выпускам сточных вод (включая канализационные и ливневые системы) в г/час (для контроля качества сточных вод), г/мес (для утверждения НДС) и в т/год (для

расчёта платежей). Для веществ, относящихся к 1 и 2 классам опасности при всех видах водопользования, НДС определяются так, чтобы для веществ с одинаковым ЛПВ, содержащихся в воде ВО, сумма отношений концентраций каждого вещества к соответствующим ПДК не превышала 1.

При расчете НДС для водохозяйственного участка (ВХУ), величины НДС устанавливаются с учетом соблюдения ПДК веществ в контрольном створе, ассимилирующей способности ВО и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями, сбрасывающими сточные и (или) дренажные воды. Ассимилирующая способность ВО — способность ВО принимать определенную массу веществ в единицу времени без нарушения нормативов качества воды в контрольном створе.

При расчете НДС для водопользователей, расположенных в пределах водохозяйственного участка, необходимо соблюдение следующего условия:

$$\sum \text{НДС} + \sum \text{Lim} \leq 0,8 \text{НДВ}_{\text{химупр}},$$

где $\sum \text{НДС}$ — сумма НДС по выпускам сточных вод, расположенным в пределах расчетного ВХУ, т/год; $\sum \text{Lim}$ — сумма лимитов на сброс ЗВ со сточными водами (ВСС) по выпускам сточных вод, расположенным в пределах расчётного ВХУ, т/год; $0,8\text{НДВ}_{\text{химупр}}$ — 80 % норматива допустимого воздействия по привносу химического вещества для водопользователей, имеющих управляемые и потенциально управляемые источники загрязнения, т/год.

Оставшиеся 20 % $\text{НДВ}_{\text{химупр}}$ используются с учётом перспективы развития территории и появления новых выпусков сточных вод.

При достижении

$$\sum \text{НДС} + \sum \text{Lim} > 0,8 \text{НДВ}_{\text{химупр}}$$

проводится перерасчет НДС по указанному выше принципу. Перерасчет НДС в первую очередь проводится за счет уменьшения значений лимитов на сброс ЗВ со сточными водами.

Расчёт НДС для створа. Уравнения водного и гидрохимического балансов до и после места сброса (рис. 9.2) имеют вид:

$$Q_{\text{после сбр}} = Q_{\text{до сбр}} + q_{\text{сбр}},$$

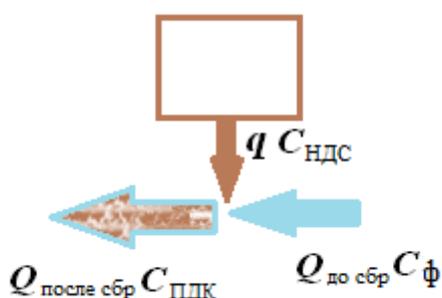
$$Q_{\text{после сбр}} C_{\text{после сбр}} = Q_{\text{до сбр}} C_{\text{до сбр}} + q_{\text{сбр}} C_{\text{сбр}} \quad (1)$$

Если ПДС устанавливают из условия доведения концентрации загрязнителя до ПДК, то $C_{\text{после сбр}} = C_{\text{ПДК}}$, $C_{\text{до сбр}} = C_{\text{ф}}$, $C_{\text{сбр}} = C_{\text{НДС}}$ и $q_{\text{сбр}} = q$:

$$C_{\text{НДС}} = \frac{Q_{\text{после сбр}} C_{\text{после сбр}} - Q_{\text{до сбр}} C_{\text{до сбр}}}{q_{\text{сбр}}} = \frac{(Q_{\text{до сбр}} + q) C_{\text{ПДК}} - Q_{\text{до сбр}} C_{\text{ф}}}{q}.$$

Основная расчетная формула для определения $C_{\text{НДС}}$ без учета неконсервативности вещества имеет вид:

$$C_{\text{НДС}} = n(C_{\text{ПДК}} - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}},$$



где: $C_{\text{ПДК}}$ — ПДК ЗВ в воде водотока, г/м³; $C_{\text{ф}}$ — фоновая концентрация ЗВ в водотоке (г/м³) выше выпуска сточных вод, определяемая в соответствии с действующими методическими документами по проведению расчетов фоновых концентраций хим. веществ в воде водотоков; n — кратность общего

Рис. 9.2. Схема к расчёту НДС

разбавления сточных вод в водотоке, равная произведению кратности начального разбавления $n_{\text{н}}$ на кратность основного разбавления n_0 (основное разбавление, возникающее при перемещении воды от места выпуска к расчетному створу),

$$n = n_{\text{н}} \times n_0.$$

$n_{\text{н}}$ учитывается при выпуске сточных вод в следующих случаях:

- для напорных сосредоточенных и рассеивающих выпусков в водоток при соотношении скоростей реки $\mathcal{G}_{\text{р}}$ и выпуска $\mathcal{G}_{\text{ст}}$:

$$\mathcal{G}_{\text{ст}} \geq 4 \cdot \mathcal{G}_{\text{р}}$$

- при абсолютных скоростях истечения струи из выпуска более 2 м/с.

n_0 определяется по методу Фролова-Родзиллера:

$$n_0 = \frac{q + \gamma Q}{q},$$

где: Q — расчетный расход водотока, м/с; γ — коэффициент смешения, показывающий, какая часть речного расхода смешивается со сточными водами в максимально загрязненной струе расчетного створа:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}}{1 + \frac{Q}{q} e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}},$$

где: l — расстояние от выпуска до расчетного створа по фарватеру, м; α — коэффициент, учитывающий гидравлические условия в реке:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{q}},$$

где: φ — коэффициент извилистости (отношение расстояния до контрольного створа по фарватеру к расстоянию по прямой); ξ — коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод (при выпуске у берега $\xi = 1$, при выпуске в стрежень реки $\xi = 1,5$); D — коэффициент турбулентной диффузии, м²/с.

Для летнего времени:

$$D = \frac{g \vartheta H}{37 n_{ш} C^2},$$

где: g — ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²; ϑ — средняя скорость течения реки, м/с; H — средняя глубина реки, м; $n_{ш}$ — коэффициент шероховатости ложа реки, определяемый по справочным данным (по таблице М.Ф. Срибного); C — коэффициент Шези (м^{0.5}/с), определяемый по формуле Н.Н. Павловского (при $H \leq 5$ м):

$$C = \frac{R^y}{n_{ш}},$$

где: R — гидравлический радиус потока, м ($R \approx H$);

$$y = 2,5 \sqrt{n_{ш}} - 0,13 - 0,75 \sqrt{R} \cdot (\sqrt{n_{ш}} - 0,1).$$

Для зимнего времени (периода ледостава):

$$D = \frac{g \cdot \vartheta \cdot R_{\text{пр}}}{37 \cdot n_{\text{пр}} \cdot C_{\text{пр}}^2},$$

где: $R_{\text{пр}}$, $n_{\text{пр}}$, $C_{\text{пр}}$ — приведенные значения гидравлического радиуса, коэффициента шероховатости и коэффициента Шези.

$$R_{\text{пр}} = 0,5H, \quad n_{\text{пр}} = n_{\text{ш}} \left[1 + \left(\frac{n_{\text{л}}}{n_{\text{ш}}} \right)^{1,5} \right]^{0,67}, \quad C_{\text{пр}} = \frac{R^{y_{\text{пр}}}}{n_{\text{пр}}},$$

где: $n_{\text{л}}$ — коэффициент шероховатости нижней поверхности льда по П.Н. Белоконю, определяемый по справочным данным,

$$y_{\text{пр}} = 2,5\sqrt{n_{\text{пр}}} - 0,13 - 0,75\sqrt{R_{\text{пр}}} \cdot (\sqrt{n_{\text{пр}}} - 0,1).$$

Для повышения точности расчетов вместо средних значений ϑ , H , $n_{\text{ш}}$ и C рекомендуется брать их значения в зоне непосредственного смешения сточной жидкости с речной водой.

Данный метод может применяться при соблюдении неравенства:

$$0,0025 \leq \frac{q}{Q} \leq 0,1.$$

В противном случае, а также если в расчете необходимо учесть данные о накоплении ЗВ в донных отложениях, рекомендуются методы из [5].

С учетом неконсервативности ЗВ расчётная формула имеет вид:

$$C_{\text{ндс}} = n(C_{\text{пджк}} e^{kt} - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}},$$

где: k — коэффициент неконсервативности органических веществ, показывающий скорость потребления O_2 , зависящий от характера органических веществ, 1/сут (значения k принимаются по данным натурных наблюдений или по справочным данным и пересчитываются в зависимости от температуры и скорости течения воды реки); t — время добега от места выпуска сточных вод до расчетного створа, сутки.

Требование учёта неконсервативности для единичного сброса в последней редакции методики отсутствует. Однако переработку загрязнений

водной экосистемой по-прежнему можно применять для целей экологического проектирования в масштабе ВХУ и бассейнов рек, при проведении ОВОС.

НДС абонентов организаций, осуществляющих водоотведение определяются абонентами как произведения максимального часового — q ($\text{м}^3/\text{ч}$), месячного ($\text{м}^3/\text{мес}$) и годового расхода сточных вод ($\text{м}^3/\text{год}$) на допустимую к сбросу в ЦСВ концентрацию ЗВ в сточных водах абонента $C_{\text{ндс}}$ ($\text{мг}/\text{дм}^3$). Расходы сточных вод принимаются в соответствии с договором водоотведения. Сведения об отводимых расходах прилагаются к проекту НДС:

$$\text{НДС} = q \times C_{\text{ндс}} .$$

НДС абонентов в отношении БПК, ВВ, фосфора общего, азота общего, нитратов и нитритов не устанавливаются, за исключением ЮЛ, деятельность которых связана с производством и/или переработкой пищевой продукции. Организация, осуществляющая водоотведение, размещает значения допустимых концентраций нормируемых веществ, для расчета абонентами НДС, на своем сайте в сети «Интернет». По письменному запросу абонента, заключившего с этой организацией договор водоотведения, представляет ему указанные значения в 10-дневный срок любым доступным способом.

Упражнение

Исходные данные: представлены в таблице 9.1.

Требуется: провести расчёт по уравнению гидрохимического баланса (1) и ответить на вопросы.

Варианты исходных данных

Вариант	Условие задачи	Вопрос задачи
1, 9, 17, 25	Расчётный расход воды в реке до места сброса сточных вод составляет $30 \text{ м}^3/\text{с}$. Концентрация загрязняющего вещества (Cl^-) в воде до места сброса — 30 мг/л . Концентрация загрязняющего вещества (Cl^-) в сточной воде — 5000 мг/л . ПДК (Cl^-) установлена на уровне 300 мг/л .	Вычислите максимально допустимый расход сточных вод и ПДС по данному веществу.
2, 10, 18, 26	Расчётный расход воды в реке до места сброса сточных вод составляет $1 \text{ м}^3/\text{с}$. Концентрация загрязняющего вещества (Cl^-) в воде до места сброса — 30 мг/л . Концентрация загрязняющего вещества (Cl^-) в сточной воде — 1000 мг/л . ПДК (Cl^-) установлена на уровне 300 мг/л .	Вычислите максимально допустимый расход сточных вод и ПДС по данному веществу.
3, 11, 19, 27	Расчётный расход воды в реке до места сброса сточных вод составляет $2 \text{ м}^3/\text{с}$. Концентрация загрязняющего вещества (Cl^-) в воде до места сброса — 50 мг/л . Концентрация загрязняющего вещества (Cl^-) в сточной воде — 1200 мг/л . ПДК (Cl^-) установлена на уровне 300 мг/л .	Вычислите максимально допустимый расход сточных вод и ПДС по данному веществу.
4, 12, 20, 28	Расчётный расход воды в реке до места сброса сточных вод составляет $4 \text{ м}^3/\text{с}$. Концентрация загрязняющего вещества (Cl^-) в воде до места сброса — 20 мг/л . Концентрация загрязняющего вещества (Cl^-) в сточной воде — 1500 мг/л . ПДК (Cl^-) установлена на уровне 300 мг/л .	Вычислите максимально допустимый расход сточных вод и ПДС по данному веществу.
5, 13, 21, 29	Расчётный расход воды в реке до места сброса сточных вод составляет $8 \text{ м}^3/\text{с}$. Концентрация загрязняющего вещества (Cl^-) в воде до места сброса — 15 мг/л . Концентрация загрязняющего вещества (Cl^-) в сточной воде — 2000 мг/л . ПДК (Cl^-) установлена на уровне 300 мг/л .	Вычислите максимально допустимый расход сточных вод и ПДС по данному веществу.
6, 14, 22, 30	Расчётный расход воды в реке до места сброса сточных вод составляет $10 \text{ м}^3/\text{с}$. Концентрация загрязняющего вещества (Cl^-) в воде до места сброса — 12 мг/л . Концентрация загрязняющего вещества (Cl^-) в сточной воде — 3000 мг/л . ПДК (Cl^-) установлена на уровне 300 мг/л .	Вычислите максимально допустимый расход сточных вод и ПДС по данному веществу.
7, 15, 23	Расчётный расход воды в реке до места сброса сточных вод составляет $5 \text{ м}^3/\text{с}$. Концентрация загрязняющего вещества (Cl^-) в воде до места сброса — 30 мг/л . Концентрация загрязняющего вещества (Cl^-) в сточной воде — 3000 мг/л . ПДК (Cl^-) установлена на уровне 300 мг/л .	Вычислите максимально допустимый расход сточных вод и ПДС по данному веществу.

Варианты исходных данных

Вариант	Условие задачи	Вопрос задачи
8, 16, 24, 27	Расчётный расход воды в реке до места сброса сточных вод составляет $12 \text{ м}^3/\text{с}$. Концентрация загрязняющего вещества (Cl^-) в воде до места сброса — 10 мг/л . Концентрация загрязняющего вещества (Cl^-) в сточной воде — 3500 мг/л . ПДК (Cl^-) установлена на уровне 300 мг/л .	Вычислите максимально допустимый расход сточных вод и ПДС по данному веществу.

Пример

Исходные данные.

Выпуск сточных после очистных сооружений в реку осуществляется через водовыпуск, расположенный у берега.

Расход сточных вод $q = 0,008 \text{ м}^3/\text{с} = 28,8 \text{ м}^3/\text{час}$.

Расстояние от места выпуска до расчётного створа:

- 1) по фарватеру: $L_{\text{ф}} = 250 \text{ м}$,
- 2) по прямой: $L_{\text{п}} = 250 \text{ м}$.

Сброс производится за пределами населённого пункта, водозаборов вблизи нет.

Гидрологические данные водотока:

- 1) расчётный расход $0,49 \text{ м}^3/\text{с}$;
- 2) средняя глубина $1,8 \text{ м}$;
- 3) средняя скорость течения $0,25 \text{ м/с}$;
- 4) шероховатость ложа реки $n_{\text{ш}} = 0,07$.

Категория водотока — рыбохозяйственный.

Остальные данные — в таблице 9.2.

Таблица 9.2

**Гидрохимические данные реки выше места сброса (фон) и сбросных вод,
все значения в г/м³**

№ п/п	Показатели свойства вод	Фон	Сточные воды	ПДК
Общие требования				
1.	Взвешенные вещества	9,2	47,6	9,95
2.	БПК _{полн.}	3,23	4,17	3
3.	Сухой остаток	380,0	383,5	1000
Токсикологический показатель				
1.	Аммоний солевой (NH ₄ ⁺)	0,67	39,3	0,5
2.	Нитрит-ион (NO ₂ ⁻)	0,064	1,89	0,08
3.	Железо общее (Fe _{общ.})	0,13	5,75	0,1
Санитарно-токсикологический показатель				
1.	Нитрат-ион (NO ₃ ²⁻)	0,89	35,94	40
2.	Алкилсульфонат (СПАВ)	0,04	0,6	0,5
3.	Хлориды (Cl ⁻)	90	68	300
4.	Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	72	68,0	100
Рыбохозяйственный показатель				
1.	Нефтепродукты	0,038	0,11	0,05

Требуется: провести расчёт ПДС.

Решение.

Расчёт кратности разбавления

Проверяется условие:

$$0,0025 \leq \frac{q}{Q} \leq 0,1.$$

В данном случае оно выполняется: $0,0025 \leq \frac{0,008}{0,49} \leq 0,1$.

Расчёт кратности разбавления в реке производится по методу В.А. Фролова — И.Д. Родзиллера.

Определяется параметр y :

$$y = 2,5\sqrt{n_{ш}} - 0,13 - 0,75\sqrt{R} \cdot (\sqrt{n_{ш}} - 0,1).$$

Принимается коэффициент шероховатости ложа реки $n_{ш} = 0,07$ (согласно исходным данным).

Гидравлический радиус потока $R = H_{ср} = 1,8$ м.

После подстановки имеем:

$$y = 2,5\sqrt{0,07} - 0,13 - 0,75\sqrt{1,8} \cdot (\sqrt{0,07} - 0,1) = 0,365$$

Коэффициент Шези:

$$C = \frac{R^y}{n_{ш}} = \frac{1,8^{0,365}}{0,07} = 17,7 \text{ м}^{0,5} \text{ с}^{-1}$$

Коэффициент турбулентной диффузии:

$$D = \frac{g \cdot \mathcal{G} \cdot R_{пр}}{37 \cdot n_{пр} \cdot C_{пр}^2} = \frac{9,81 \cdot 0,25 \cdot 1,8}{37 \cdot 0,07 \cdot 17,7^2} = 0,0054 \text{ м}^2/\text{с}$$

Коэффициент извилистости (отношение расстояния до контрольного створа по фарватеру к расстоянию по прямой):

$$\begin{aligned} \varphi &= L_{\phi}/L_{п} \\ &= 250/250 = 1. \end{aligned}$$

Коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод при выпуске у берега принимается равным единице: $\xi = 1$

Тогда коэффициент, учитывающий гидравлические условия в реке:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{q}} = 1 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,0054}{0,008}} = 0,877,$$

Коэффициент смешения:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}}{1 + \frac{Q}{q} e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}} = \frac{1 - e^{-0,877 \sqrt[3]{250}}}{1 + \frac{0,49}{0,008} e^{-0,877 \sqrt[3]{250}}} = 0,772$$

Кратность основного разбавления с учётом коэффициента смешения:

$$n_0 = \frac{q + \gamma Q}{q} = \frac{0,008 + 0,772 \cdot 0,49}{0,008} = 48,3$$

Определение концентраций, допустимых к сбросу $C_{пдс}$

Общие показатели

1. Взвешенные вещества

$$C_{\phi} = 9,2 \text{ мг/л};$$

$$C_{ст} = 47,6 \text{ мг/л}.$$

Т. к. по требованиям к спуску сточных вод содержание взвешенных веществ в воде может увеличиться не более, чем на 0,75 мг/л, то получается:

$$C_{\text{ПДК}} = C_{\text{ф}} + 0,75 = 9,2 + 0,75 = 9,95 \text{ мг/л};$$

$$C_{\text{ПДС}} = n \cdot 0,75 + C_{\text{ф}} = 48,3 \cdot 0,75 + 9,2 = 45,4 \text{ мг/л}.$$

2. БПК_{полн.}

$$C_{\text{ф}} = 3,23 \text{ мг/л};$$

$$C_{\text{ст}} = 4,17 \text{ мг/л};$$

$$C_{\text{ПДК}} = 3 \text{ мг/л}.$$

Повышенное значение БПК_{полн.} в речной воде обусловлено природными факторами. Поэтому до установления региональных ПДК принимаем $C_{\text{ПДС}} = C_{\text{ф}} = 3,23 \text{ мг/л}$.

3. Сухой остаток

$$C_{\text{ф}} = 380,0 \text{ мг/л};$$

$$C_{\text{ст}} = 383,5 \text{ мг/л};$$

$$C_{\text{ПДК}} = 1000 \text{ мг/л}.$$

Имеет место соотношение $C_{\text{ф}} < C_{\text{ст}} < C_{\text{ПДК}}$.

Принимаем $C_{\text{ПДС}} = C_{\text{ст}} = 383,5 \text{ мг/л}$.

Группа веществ с ЛПВ токсикологический

Определяем загруженность фона реки по NH_4 , NO_2 , Fe:

$$\sum_1^3 \frac{C_{\text{ф}}}{C_{\text{ПДК}}} = \frac{0,67}{0,5} + \frac{0,064}{0,08} + \frac{0,13}{0,1} = 3,44$$

Фон реки по группе ЛПВ — токсикологический загруженный. Для этих веществ ПДС назначается из условия сохранения фона.

Аммоний солевой: $C_{\text{ПДС}} = C_{\text{ф}} = 0,67 \text{ мг/л}$.

Нитрит-ион: $C_{\text{ПДС}} = C_{\text{ф}} = 0,064 \text{ мг/л}$.

Железо общее: $C_{\text{ПДС}} = C_{\text{ф}} = 0,13 \text{ мг/л}$.

Группа веществ с ЛПВ – санитарно-токсикологический.

Определяем загруженность фона по NO_3 , алкилсульфонату, хлоридам и сульфатам:

$$\sum_1^4 \frac{C_{\phi}}{C_{\text{ПДК}}} = \frac{0,89}{40} + \frac{0,04}{0,5} + \frac{90}{300} + \frac{72}{100} = 1,12$$

Фон реки по группе ЛПВ санитарно-токсикологический — тоже загруженный. Поэтому нормативы ПДС будут назначены из условия сохранения фона.

1. Нитрат-ион: $C_{\text{ПДС}} = C_{\phi} = 0,89$ мг/л.
2. Алкилсульфонат: $C_{\text{ПДС}} = C_{\phi} = 0,04$ мг/л.
3. Хлориды: $C_{\text{ПДС}} = C_{\phi} = 90$ мг/л.
4. Сульфаты: $C_{\text{ПДС}} = C_{\phi} = 72$ мг/л.

Группа веществ с ЛПВ — рыбохозяйственный

Нефтепродукты:

$$C_{\phi} = 0,038 \text{ мг/л};$$

$$C_{\text{ст}} = 0,11 \text{ мг/л};$$

$$C_{\text{ПДК}} = 0,05 \text{ мг/л};$$

$$C_{\text{ПДС}} = 48,3 \cdot (0,05 - 0,038) + 0,038 = 0,618 \text{ мг/л}.$$

Так как рассчитанный $C_{\text{ПДС}} > C_{\text{ст}}$ принимаем $C_{\text{ПДС}} = C_{\text{ст}} = 0,11$ мг/л.

Далее — расчёт ПДС:

$$\text{ПДС} = q \cdot C_{\text{ПДС}}$$

Принимаем $q = 28,8 \text{ м}^3/\text{час}$.

Результат расчета сведен в таблицу 9.3

Таблица 9.3

Результаты определения ПДС

Вещество	$C_{\text{ПДС}}, \text{мг/л}^3$	ПДС, г/час
Взвешенные вещества	10,9	315,936
БПК полн.	3,23	93,024
Сухой остаток	383,5	11 044,8
Аммоний солевой (NH_4^+)	0,67	19,296
Нитрит-ион (NO_2^-)	0,064	1,843
Железо общее ($\text{Fe}_{\text{общ}}$)	0,13	3,744
Нитрат-ион (NO_3^{2-})	0,89	25,632
Алкилсульфонат (СПАВ)	0,04	1,152
Хлориды (Cl^-)	90	2 592,000
Сульфаты (SO_4^{2-})	72	2 073,600
Нефтепродукты	0,11	3,168

Упражнение

Исходные данные.

Выпуск сточных после очистных сооружений в реку осуществляется через водовыпуск, расположенный у берега.

Расход сточных вод $q = 0,0075 \text{ м}^3/\text{с} = 27 \text{ м}^3/\text{час}$.

Расстояние от места выпуска до расчётного створа по фарватеру $L_{\phi} = 300 \text{ м}$, по прямой $L_n = 300 \text{ м}$.

Сброс производится за пределами населенного пункта, водозаборов вблизи нет.

Гидрологические данные водотока:

- 1) расчётный расход $0,26 \text{ м}^3/\text{с}$;
- 2) средняя глубина $0,7 \text{ м}$;
- 3) средняя скорость течения $0,25 \text{ м/с}$;
- 4) шероховатость ложа реки $n_{ш} = 0,05$.

Категория водотока – рыбохозяйственный.

Таблица 9.4

Гидрохимические данные реки выше места сброса (фон) и сбросных вод, все значения в г/м^3

№ п/п	Показатели свойства вод	Фон	Сточные воды	ПДК
Общие требования				
1.	Взвешенные вещества	4	146,6	4,75
2.	БПК _{полн.}	4,1	6,07	3
3.	Сухой остаток	94,0	193,5	1000
Токсикологический показатель				
1.	Аммоний солевой (NH_4^+)	0,22	22,3	0,5
2.	Нитрит-ион (NO_2^-)	0,029	1,5	0,08
3.	Железо общее ($\text{Fe}_{\text{общ.}}$)	0,43	2,75	0,1
Санитарно-токсикологический показатель				
1.	Нитрат-ион (NO_3^{2-})	0,1	4,99	40
2.	Алкилсульфонат (СПАВ)	0,03	0,23	0,5
3.	Хлориды (Cl^-)	15,5 98 300	68	300
4.	Сульфаты (SO_4^{2-})	10	48,0	100
Рыбохозяйственный показатель				
1.	Нефтепродукты	0,15	0,05	26

ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ В ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ»

1. Сформулируйте цель нормирования.
2. Сформулируйте задачи нормирования.
3. Что есть «экологическое нормирование» в соответствии с ФЗ «Об охране окружающей среды»?
4. Какие три показателя лежат в основе разработки нормативов?
5. В чём состоит значение нормативов? В каких видах деятельности они нужны?
6. Перечислите три функции биосферы и раскройте связь цели нормирования с этими функциями.
7. Дайте определение термину «воздействие».
8. Дайте определения терминам «загрязнение», «истощение» и «деградация».
9. Дайте определение термину «природный объект», какие признаки он имеет?
10. Дайте определение термину «ёмкость ОПС», Поясните его.
11. Дайте определения терминам «экосистема», «биом», «водосборный бассейн», «ландшафт».
12. Дайте определение термину «ландшафт». Какие части ландшафта можно выделить в плане и в вертикальном разрезе? Как положение территории в ландшафте влияет на потенциал её загрязнения?
13. Дайте определения терминам «свойство», «физическая величина», приведите примеры из области природопользования.
14. Дайте определения терминам «параметр» и «критерий», приведите примеры из области природопользования. Норматив — это параметр или критерий?
15. Перечислите санитарно-гигиенические нормативы (нормативы качества ОС).

16. Перечислите нормативы допустимого вредного воздействия.
17. Перечислите вспомогательные нормативы.
18. Расшифруйте следующие сокращённые наименования нормативов: ПДК, ПДУ, ГН. В каких единицах они могут выражаться?
19. Расшифруйте следующие сокращённые наименования нормативов: ПДВ, НДС, ПДАН. В каких единицах они могут выражаться?
20. Перечислите принципы санитарно-гигиенического нормирования и объясните их сущность.
21. Какие особенности имеет АВ как объект нормирования?
22. Какие установлены системы ПДК для воздуха?
23. Какие есть ЛПВ при нормировании качества АВ?
24. Сколько классов опасности В(3)В установлено для нормирования качества АВ по хим. показателям?
25. Что есть учёт эффекта суммации?
26. Напишите формулы для расчёта парциального и комплексного ИЗА.
27. От каких факторов зависит ПЗА?
28. Расскажите о Правилах контроля качества АВ в городах. Напишите формулы стандартного индекса (СИ), повторяемости концентраций примеси в воздухе выше заданного уровня (g , g_1 и g_2), расскажите и наибольшем превышении (НП). Как оценить степень загрязнения атмосферы, если ИЗА, СИ и НП попадают в разные градации?
29. Расскажите об оценке загрязнённости АВ по среднесуточным и максимальным разовым концентрациям для выделения зон ЭБ и ЧЭС.
30. Какие особенности имеет вода как объект нормирования?
31. Какие установлены системы ПДК для поверхностных ВО? К ВО какого назначения предъявляются самые жесткие требования?
32. Какие установлены классы опасности загрязнителей воды для нормирования по хим. показателям? Что есть ЛПВ? Какие выделены ЛПВ

для ВО различных назначений? По какой формуле ведётся оценка с учётом ЛПВ? В каких случаях учитывается ЛПВ?

33. Напишите формулу ПХЗ-10.

34. Напишите формулу ИЗВ.

35. Изложите методику оценки по УКИЗВ.

36. Какие Вы знаете категории ВО р.-х. назначения?

37. Назовите параметры и критерии нормирования по микробиологическим показателям. Что есть сапробность? Охарактеризуйте зоны сапробности. Напишите формулу индекса Пантле-Букка.

38. Расскажите о биотических индексах Балушкиной, Вудивисса, Гуднайт–Уотля, Пареле D2, Цанера.

39. Какие особенности имеет почва как объект нормирования?

40. Какие ЛПВ установлены для почв?

41. Напишите формулу суммарного показателя химического загрязнения почв.

42. Какие особенности имеет установление ПДК химического вещества в почве? От каких характеристик почвы зависят значения ОДК тяжёлых металлов?

43. Перечислите параметры и критерии выделения зон ЭБ и ЧЭС по состоянию почвенного покрова.

44. Какова физическая сущность шума, вибрации, электромагнетизма?

45. Перечислите виды неионизирующих излучений, измеряемые характеристики и единицы измерения.

46. От какого параметра зависит ширина СЗЗ высоковольтной ЛЭП?

47. Какими характеристиками и в каких единицах выражается шум?

Чем регламентируется допустимый уровень шума для населения и его ПДУ для рабочих мест?

48. Перечислите измеряемые характеристики и единицы измерения вибрационного воздействия.

49. По какому принципу нормируется тепловое воздействие сточных вод на ВО?
50. Сколько поясов санитарной охраны выделяют вокруг водозаборов? Охарактеризуйте режим природопользования в них.
51. Перечислите основные регламентируемые загрязнители при нормировании остаточных количеств вредных хим. веществ в продуктах питания и с.-х. сырье.
52. Какие Вы знаете виды пестицидов? Назовите допустимые величины, являющиеся нормативами поступления пестицидов.
53. Какова физ. сущность радиационного излучения? Как оно воздействует на организм?
54. Какими нормативными документами регламентируются обеспечение РБ и защита населения от воздействия ИИ в РФ?
55. В каких параметрах и единицах выражается радиоактивность?
56. Что есть основной базовый предел облучения? Перечислите виды доз радиационного облучения и охарактеризуйте каждую из них.
57. Дайте правовое определение радиационно загрязнённого участку. Какие зоны выделены в связи с аварией на Чернобыльской АЭС? Характеризуйте их режим.
58. Какова цель установления ПДВ? Какие факторы учитываются при установлении ПДВ? В каких единицах выражается ПДВ?
59. Какова цель установления НДС? Какие факторы учитываются при установлении НДС? В каких единицах выражается НДС? Приведите основные расчётные выражения для расчёта НДС для створа.
60. Расскажите о порядке установления НДС абонентов организаций, осуществляющих водоотведение.
61. Какие факторы учитываются при нормировании образования отходов и установлении лимитов их размещение?
62. Какой ФЗ регулирует деятельность по обращению с отходами? Какие новшества появились в этой сфере?

63. Какие принципы используются при нормировании изъятия возобновимых и невозобновимых природных ресурсов?
64. Какое изъятие речного стока (в процентах от нормы стока) считается допустимым? Какими нормативными документами нормируется изъятие участков недр, земель и животных?
65. Какие пестициды и агрохимикаты вы знаете? Каким ФЗ регламентируется их внесение? Перечислите основные требования в сфере обращения с ними.
66. Какие требования предъявляются при обустройстве и эксплуатации сельскохозяйственных полей орошения (ЗПО)?
67. Какие нежилые объекты допускаются в жилых зонах?
68. Какова ширина СЗЗ ж.-д. путей и автомобильных дорог?
69. Какой ФЗ устанавливает основы градостроит. нормирования? Какую информацию содержит карта ограничений в схеме зонирования территории города?
70. Какие ограничения природопользования установлены для ПЗП и ВОЗ? От каких характеристик реки зависят ширина ПЗП и ВОЗ?
71. Какие требования к СЗЗ предъявляются Правилами планировки и застройки территорий садоводческих (дачных) объединений граждан?
72. Для предприятий каких классов опасности выполняется проект СЗЗ?
73. Какие виды ООПТ Вы знаете? Какой в них предусмотрен режим ограничений?
74. Какие пункты входят в Примерную форму паспорта экскурсионного экологического маршрута?
75. Какие показатели допускаются для измерения рекреационной нагрузки? Как называется нагрузка, вызывающая в природных комплексах необратимые изменения? Охарактеризуйте стадии дигрессии.

76. В каком ФЗ сформулированы правовые основы стандартизации и сертификации в т. ч. экологической? Для достижения каких целей принимаются технические регламенты?

77. Перечислите лицензируемые виды деятельности в сфере взаимодействия с природой. Какие есть формы лицензий?

78. Расскажите об изменениях в системе нормирования НВОС предприятий в 2016-2025 годах (категории предприятий по НВОС, комплексное экологическое разрешение, наилучшие доступные технологии, декларация о НВОС, временно разрешённые выбросы и сбросы). Из каких этапов состоит получение разрешения на НВОС?

79. Какова цель экосертификации? Перечислите основные объекты и направления экосертификации.

80. Какой нормативный документ устанавливает методологию и оценки риска для управления качеством ОС и здоровья населения РФ? Для каких видов деятельности обязательно использование представленных в нём методик?

81. Раскройте понятие: «экологический риск». В каких единицах он выражается? Какая информация нужна для его оценки?

82. Раскройте понятия: «опасность», «идентификация опасности». Приведите примеры.

83. Раскройте понятия: «экспозиция», «оценка экспозиции». Приведите примеры.

84. Раскройте понятие: «референтная доза». Как вычисляется суточное поступление загрязняющих веществ в организм?

85. Раскройте понятие: «маршрут воздействия». Приведите примеры.

86. Раскройте понятие: «сценарий воздействия». Приведите примеры.

87. Какими мерами обеспечивается промбезопасность? Для опасных производственных объектов каких классов опасности предусмотрена разработка декларации ПБ?

88. Какими мерами обеспечивается радиационная безопасность?

89. Какими мерами обеспечивается безопасность сооружений (в т. ч. ГТС)?

90. Какими мерами обеспечивается химическая и биологическая безопасность?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заканчивая курс Экологического нормирования, будущий эколог должен понимать, что работать с нормативами ему предстоит всю дальнейшую профессиональную жизнь. И вполне вероятно, специалист кадровой службы либо начальник подразделения, в которое будет осуществляться приём на работу, задаст вопрос как раз по поводу осведомленности в санитарно-гигиенических, экологических или вспомогательных нормативах.

Мало измерить какой-то показатель (например, концентрацию загрязнителя в воде или почве). Чтобы дать оценку экологической ситуации, его надо сравнить с неким критическим значением. Любая оценка подразумевает сравнение с нормативом, или каким-нибудь целевым показателем.

Выпускник по направлению «Экология и природопользование» может не держать в голове конкретных значений нормативов, но он обязан понимать, какой параметр им оценивается, в каких единицах, и самое, пожалуй, необходимое – это знать, в каком нормативном документе посмотреть значение или методику расчёта этого норматива.

Также необходимо приучить себя проверять актуальность нормативных документов. Использование не действующих — серьёзная ошибка, которая может перечеркнуть целый проект или большой отчёт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Законы РФ, подзаконные акты, нормативно-технические и санитарно-гигиенические документы

1) ФЗ от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 04.07.2016) «Об охране окружающей среды».

2) РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы.

3) РД 52.04.667-2005. Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования госорганов, общественности и населения.

4) СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (с изменениями на 30.12.2022).

5) Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 29.12.2020 г. № 1118 «Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей».

6) Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон ЧЭС и зон ЭБ (утв. Минприроды РФ 30.11.1992).

7) Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 N 552 «Об утверждении нормативов качества воды ВО р.-х. значения, в т. ч. нормативов ПДК».

8) Методические Рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям». М.: Госкомитет СССР по гидрометеорологии, 1988 (не дейс.)

9) РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям.

10) Руководство по гидробиологическому мониторингу пресных вод РФ и сопредельных стран / под ред. проф. В.А. Абакумова. Спб.: Гидрометеиздат, 1992.

11) Закон РФ от 15.05.1991 N 1244-1 (ред. от 28.12.2016) «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС».

12) ФЗ от 10.08.2001 г. N 92-ФЗ (ред. 30.12.2008) «О специальных экологических программах реабилитации радиационно загрязненных участков территории».

Учебные пособия

13) Евграфов, А. В. Нормативно-правовая база природоохранной деятельности : практикум / А. В. Евграфов. — М. : Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. — 147 с. — URL: <http://elib.timacad.ru/dl/local/149.pdf/info>.

14) Евграфов, А. В. Нормирование и снижение загрязнения окружающей среды : учеб. пособие / А. В. Евграфов. — М. : Росинформагротех, 2017. — 164 с.

15) Евграфов А. В. Основы инженерно-экологических изысканий : учеб. пособие / А.В. Евграфов. — М. : Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. — 200 с.

16) Евграфов А. В. Правовые основы природопользования и охраны окружающей среды : учеб. пособие / А. В. Евграфов. — М. : РГАУ-МСХА, 2019. - 199 с. — URL: <http://elib.timacad.ru/dl/local/umo405.pdf>

17) Евграфов А.В. Управление состоянием окружающей среды: учеб. пособие / А. В. Евграфов. — М., 2022. — 186 с.

18) Мартынов Д. Ю. Методы определения качества воздушной среды: учебно-методическое пособие Д. Ю. Мартынов, Т. М. Джанчаров, Н. В. Лагутина, А. Н. Насонов. — М. : РГАУ-МСХА, 2022.

19) Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод : монография / Под ред. Караушева А. В. — Л. : Гидрометеиздат, 1987.

20) Чертопруд М. В. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод европейской России. М. В. Чертопруд, Е. С. Чертопруд— М. : Товарищество КМК, 2010. — 179 с.

Учебное издание

**Евграфов Алексей Викторович
Васенёв Иван Иванович
Джанчаров Турмушбек Мурзабекович
Лагутина Наталия Владимировна
Шаламов Дмитрий Игоревич**

**Экологическое нормирование в
природопользовании**

Практикум