



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра прикладной и системной экологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(Магистерская работа)

На тему «Оценка трофического статуса малых рек Санкт-Петербурга и
Ленинградской области»

Исполнитель Дорохов Владислав Павлович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)

Зуева Надежда Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой 
(подпись)

кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Алексеев Денис Константинович
(фамилия, имя, отчество)

«11» 06 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

Оглавление

Введение	3
1 Физико-географическая характеристика	5
1.1 Малые реки Санкт-Петербурга и Ленинградской области	5
1.2 Физико-географическая характеристика р. Лубья.....	7
1.3 Источники антропогенного воздействия	9
2 Материалы и методы.....	13
2.1 Полевые работы.....	13
2.2 Расчёт количественных индексов и качественных характеристик.....	28
3 Гидрохимическая характеристика.....	39
3.1 Оценка качества воды при помощи расчётных показателей	46
3.2 Характеристика донных отложений р. Лубья.....	50
4 Оценка трофического статуса реки Лубья.....	56
4.1 Оценка трофического статуса по гидрохимическим показателям	56
4.1 Расчёт индексов на основе макрозообентоса.....	58
4.2 Расчёт индексов на основе макрофитов	59
4.3 Оценка трофического статуса по хлорофиллу-а.....	62
Заключение	66
Список использованной литературы.....	71
Приложение А.	76

Введение

Малые реки играют значительную роль в формировании стока крупных рек, влияют на состояние городской среды и качество жизни в населенных пунктах, через которые они протекают.

К важнейшим прикладным аспектам исследований относится оценка состояния водных экосистем. Подход к нормированию окружающей среды при помощи ПДК имеет ряд существенных недостатков, главным из которых является оценка качества среды для конкретных целей водопользования, а не с точки зрения функционирования экосистемы в целом [3]. Современные методы мониторинга включают в себя биотические характеристики сообщества. Одной из важнейших характеристик является трофический статус водного объекта.

Актуальность темы обусловлена высокой чувствительностью к антропогенному воздействию водотоков малых размеров. Трофический статус является важным критерием для оценки состояния экосистемы, при его использовании имеют большое значение региональные особенности.

В качестве объекта данного исследования была выбрана р. Лубья, протекающая по территории Всеволожского района Ленинградской области и г. Санкт-Петербурга, самый крупный приток р. Охта, в конечном счёте воды которой впадают в р. Нева. Актуальность исследования состоит в том, что загрязнение р. Лубьи продолжается уже многие десятилетия и нагрузка на нее продолжает возрастать [5, 31, 32]. В данной работе оценивается загрязненность вод р. Лубьи не только в пределах Санкт-Петербурга, но и в её среднем и верхнем течении во Всеволожском районе Ленинградской области.

Предметом исследования данной работы является трофический статус и комплексное состояние водной экосистемы.

Цель работы – оценка трофического статуса малой реки Санкт-Петербурга и Ленинградской области на примере модельного водотока – реки Лубья.

Задачи работы:

1. Описать физико-географические и гидрохимические особенности исследуемой реки.
2. Оценить загрязнённость воды реки Лубья и её донных отложений в том числе по материалам собственных полевых исследований.
3. Оценить трофический статус р. Лубья на основе гидрохимических данных.
4. Дать характеристику трофическому статусу на основе состава сообществ макрофитов, макрозообентоса. и хлорофилла-а по данным полевых исследований.
5. Обнаружить проблемы водной экосистемы р. Лубья и перспективные пути их решения.

Заключение

Река Лубья подвергается значительной антропогенной нагрузке. Среди источников поступления загрязняющих веществ – садоводства, выпуски сточных вод, АЗС, стоянки, мойки, авторемонтные мастерские, а также законсервированный полигон ТБО, расположенный на водосборе ручья Горелый. Значительный вклад в загрязнение на территории Всеволожска вносят Алексеевские очистные сооружения.

При подготовке к полевым работам было обнаружено расхождение современных картографических данных с литературными источниками о расположении истока.

В рамках полевых работ были отобраны гидрохимические пробы на всём течении реки летом и осенью – в начале и в конце вегетационного периода. Также отобраны пробы хлорофилла-а для оценки первичной продукции реки и пробы макрозообентоса для оценки качества воды по составу водной фауны.

Значения показателя рН были в пределах 6,9–7,5, что характеризует воду как нейтральную и не выходит за пределы норматива.

Цветность летом в целом снижалась от истока к устью, немного увеличиваясь на точке Л-6. Осенью цветность росла на станции Л-6 и Л-1. Значения цветности летом были выше, чем осенью во всех точках кроме устьевой. Данный скачок может объясняться нагоном воды из Охты в устье р. Лубья.

Минерализация была в пределах 101–267 мг/л, что характеризует воду как ультрапресная (<200 мг/л) и пресная.

Содержание нефтепродуктов на всех станциях осенью было ниже ПДК, летом превышения зафиксированы на всех станциях кроме Л-3 и Л-5.

Содержание растворенного кислорода ниже нормы наблюдалось на 3 станциях – незначительно ниже на станции около Андреевского моста в районе

Ржевки. В точке Л-8 наблюдалось содержание растворенного кислорода ниже нормы и превышение по показателю БПК₅ в 2 раза. Самая низкая концентрация O_{2раст} наблюдалась перед впадением в Охту – 3,94 мгO₂/дм³.

Содержание нитратного азота в воде не превышало ПДК_{рх} (9 мг/л), и осенью было значительно выше, чем летом.

Высокие концентрации аммонийного азота характерны для свежего загрязнения сточными водами. В верхнем течении летом концентрации были выше, чем осенью и превышали ПДК. В точке Л-6 летом и осенью концентрации достигали минимума, далее снова росли, осенью в нижнем течении концентрации были выше, чем летом.

Нитритный азот превышал ПДК во всех точках, достигая максимальных значений в точке Л-6 и в устье. Осенью концентрации были выше, чем летом.

Содержание фосфатного фосфора осенью было выше, чем летом во всех точках, что связано с отмиранием его потребителей - растений.

Концентрации биогенных элементов значительно превышают ПДК_{рх} на всех станциях наблюдения. Превышение по азоту нитритному и иону аммония до 5 раз, по фосфору фосфатов до 3 раз. При этом наблюдается способность реки справляться с антропогенной нагрузкой – на первой точке по течению в районе Ржевки в воде снижается, за пределы ПДК выходит только нитритная форма азота. Это может быть связано с тем, что в Ковалёво, в отличие от других поселений, берег реки не застроен, и длинным незаселенным участком перед ним.

Агрегационный индекс во всех точках был выше осенью, чем летом. Летом наиболее загрязнены оказались точки в г. Всеволожск, кроме истока реки и станция в устьевой зоне. Осенью – место впадения в Охту и точка под Окрайным мостом. Загрязненность в устьевой части может быть обусловлена как большим количеством сточных вод в городской черте Санкт-Петербурга, так и сгонно-нагонными явлениями в Неве и Охте.

Индекс нитрификации принимал значения от 10 до 70% летом и от 56 до 90% осенью. Процессы самоочищения реки проходят менее активно осенью по

сравнению с летним периодом. Наиболее активное самоочищение происходит летом в устье, по течению на Ржевском полигоне и в устье. Осенью процесс нитрификации происходит активнее в верхнем течении реки, ухудшаясь на территории Санкт-Петербурга.

Имеются основания считать, что высокой антропогенной нагрузке река подвергается не только на территории Санкт-Петербурга, но и в её верхнем течении. В осенний период в реке Лубья наблюдались большие концентрации биогенных элементов, чем в летний. Таким образом, получена классическая закономерность возрастания содержания в воде биогенов с окончанием вегетации растений, которые с одной стороны, перестают их потреблять, а с другой – отмирают, обогащая ими среду.

В 2020-2024 г. наблюдались превышения ПДК в течение нескольких лет подряд по показателям БПК₅ до 2 раз, нитратный азот до 10 ПДК, медь до 11 раз, кадмий до 2 раз, железо общее до 27 ПДК, марганец до 49 ПДК, цинк до 4,2 ПДК, по ртути до 2 ПДК.

Для поверхностных вод Ленинградской области, в том числе для вод Лубьи, характерны превышения ПДК железа и марганца. Естественный источник поступления железа и марганца – болота в истоке реки. Подземные воды, частично питающие реку, тоже содержат железо и марганец в больших количествах.

Загрязненность донных отложений оценивались по суммарному показателю загрязненности и по коэффициенту донной аккумуляции.

На территории г. Всеволожск в донных отложениях р. Лубья были зафиксированы превышения по следующим показателям: марганец, медь, цинк, кадмий, ртуть. Во впадающем протокой в Лубью озере Школьное: марганец, медь, цинк, ртуть, нефтепродукты.

Гранулометрический состав в верхнем течении реки за исключением истока, где присутствует большое количество валунов и щебня, донный грунт преимущественно представлен песком, суглинками и глинами. Так же на

заболоченных участках по берегам и на дне присутствует большое количество детрита, как, например, в точке Л-3.

Для донных отложений р. Лубья характерно высокое содержание органического вещества, что характеризуется высокой зольностью (95–100%). Речное ложе сложено илисто-песчаными грунтами.

Донные отложения р. Лубья и ручья Горелый характеризуются повышенной концентрацией загрязняющих веществ, поступающих в них, в первую очередь, с ливневыми водами с городской территории, стоков с объектов промышленности, сельского хозяйства и животноводства. Обменные процессы между водной средой и загрязненными донными грунтами определяются рядом факторов, таких как, физико-механические, физико-химические свойства донных отложений и вид растворенного вещества.

По гидрохимическим характеристикам трофический статус был оценен по показателю минерального азота, БПК₅ и индексу ITS. На основе концентраций минерального азота, точки Л-8, Л-7 и Л-1 характеризовались как эвтрофные, остальные – как мезотрофные. Эвтрофный статус в летний сезон соответствует течению по наиболее урбанизированным территориям. Осенью по азоту на всем течении отмечается эвтрофный статус.

На реке Лубья наибольшее видовое разнообразие и суммарное проективное покрытие было отмечено в устье реки и на станции Л-7. Для этих точек характерна низкая скорость течения и высокая освещенность.

По индексу MTR все станции характеризуются как подверженные риску эвтрофии. Данный индекс можно признать малоинформативным для р. Лубья.

По индексу IBMR трофический статус изменялся от среднего до очень высокого. На точке Л-1 не было растений-индикаторов. Наибольший уровень трофии характерен для устья и среднего течения. На территории Санкт-Петербурга трофность снижается до высокой в точке Л-5 и средней в точке Л-3, а в устье снова увеличивается.

По индексу MIR низким значениям индекса соответствует высокая трофность водотока (по шкале от 10 до 60). Соответственно, значения индекса дают схожую оценку с IBMR во всех точках кроме Л-8.

Концентрации хлорофилла-а изменялись синфазно с концентрацией растворённого кислорода и содержанием минерального азота и значением БПК-5. Из этого можно сделать вывод, что для первичной продукции в экосистеме р.Лубья лимитирующим фактором является кислород. Концентрации фосфора фосфатного и хлорофилла-а достигали максимума в истоке реки, уменьшались в точке Л8. В точке Л5 концентрация фосфора продолжила падать, а хлорофилла-а росла, в точке Л-1 – наоборот.

Классический индекс TSI, одним из компонентов которого является хлорофилл-а объективно применить нет возможности, т. к. на многих точках наблюдения диск видим до дна и невозможно корректное определение параметра прозрачности по SD.

Список использованной литературы

1. Алексеев Д.К., Шелутко В.А., Зуева Н.В., Колесникова Е.В., Урсова Е.С., Примак Е.А. Результаты исследований в области прикладной и системной экологии в РГГМУ // Гидрометеорология и экология. 2020. № 60. С. 306-324. DOI: 10.33933/2074-2762-2020-60-306-324 .
2. Бочаров А.В. 2021. Оценка современного состояния внутреннего водоема на основе методов дистанционного зондирования на примере Иваньковского водохранилища: автореферат дис. ... кандидата географических наук. Тверь. 21 с.
3. Все реки. Информационный сайт о реках России Лубья (Луппа) // URL: <https://vsereki.ru/atlanticheskij-ocean/bassejn-baltijskogo-morya/neva/oxta/lubyu-luppa> (дата обращения: 26.10.2024).
4. Гутниченко В.Г., Кострова Е. А. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД РЕКИ ЛУБЬЯ // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон. Международная научная конференция 15-17 октября 2002 г. Сборник трудов. - СПб: РГГМУ, 2004. - С. 54-57
5. Гутниченко В.Г., Торопова Н. М. ЗАГРЯЗНЕНИЕ Р.ОХТЫ И ЕЁ ПРИТОКОВ БИОГЕННЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД РЕКИ ЛУБЬЯ // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон. Международная научная конференция 15-17 октября 2002 г. Сборник трудов. - СПб: РГГМУ, 2004. - С. 57-60
6. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2022 году/ Под редакцией А.В. Германа, И.А. Серебрицкого – СПб.: 2023. - 226.с.
7. Злышко А. С. Исследование загрязнения и самоочищающей способности малых водотоков урбанизированных территорий: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владимир, 2013. 23 с.

8. Злышко А. С., Чеснокова С. М., Бородина И. А. / Антропогенная трансформация и самоочищающая способность малой реки // Теоретическая и прикладная экология. – 2012. – № 3. – С. 44-49. – EDN OIUUKC.

9. Зуева Н.В., Примак Е.А., Бабин А.В., Зуев Ю.А., Урусова Е.С. Интегральная оценка экологического благополучия малых рек Ленинградской области и Санкт-Петербурга // География и природные ресурсы. 2021. Т. 42. № 2. С. 32-40. DOI: 10.15372/GIPR20210204.

10. Иванов Д. В., Валиев В. С., Зиганшин И. И., Шамаев Д. Е., Паймикина Э. Е., Марасов А. А., Маланин В. В., Хасанов Р. Р., Унковская М. А. Структурная взаимосвязь гранулометрического состава, содержания органического вещества и тяжелых металлов в донных отложениях // Российский журнал прикладной экологии. 2020. №2 (22).

11. Итоговый отчет по результатам оказания услуг по сбору данных в целях ведения государственного мониторинга водных объектов в части наблюдений за состоянием дна, берегов, состоянием и режимом использования водоохраных зон и изменениями морфометрических особенностей водных объектов или их частей в Санкт-Петербурге в 2020 году. СПб., 2020.

12. КОМИТЕТ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ. Проверка № 98240914700010945780 от 11 июня 2024 года

13. Ленинградский гидрометеорологический институт, труды, выпуск 33, под редакцией З. Б. Ваксенбург. Возможность использования подземных вод Ленинградской области, 1988, 104с.

14. Лепеш Г. В., Саканская-Грицай Е. И. Анализ факторов, обуславливающих технологический процесс очистки воды из природных источников в Ленинградской области // ТТПС. 2014. №1 (27). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-faktorov-obuslavlivayuschih-tehnologicheskiiy-protsess-ochistki-vody-iz-prirodnih-istochnikov-v-leningradskoy-oblasti> (дата обращения: 10.05.2025)

15. Логинов, В. В. Оценка трофического статуса и гидрохимического состава малых рек Нижегородской области и сопредельных территорий / В. В. Логинов, Т. В. Кривдина, О. А. Морева // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича. – 2021. – № 26. – С. 3-25.

16. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Приказ от 24 февраля 2014 г. №112 «Об утверждении методических указаний по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов

17. Н. М. Калинкина, Е. В. Теканова Биология внутренних вод, 2022, № 5, Зависимость концентрации хлорофилла а от содержания общего фосфора в водоемах с повышенной цветностью воды. стр. 475-479.

18. Неверова-Дзиопак, Е. Оценка трофического состояния поверхностных вод : [монография] / Е. Неверова-Дзиопак, Л. И. Цветкова ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский гос. архитектурно-строит. ун-т, 2020. — 174, [1] с. : ил., табл., цв. ил. : 24 см.; ISBN 978-5-9227-0999-6.)

19. Николаев Ю. А., Дорофеев А. Г. [и др.] Биоаументация активного ила анаммокс нитрифицирующим сообществом бактерий как способ повышения эффективности удаления азота // Микробиология. – 2022. – Т. 91, № 2. – С. 160-170. – DOI 10.31857/S0026365622020124. – EDN РТСРОО.

20. Орлов В. Г. Водные ресурсы Северо-Западного региона России. Сборник научных трудов, вып. 121. - СПб: Изд. РГГМУ, 1999. - 102 с.

21. Пареле, Э.А. Малоцетинковые черви устьевых районов рек Даугава и Лиелупе, их значение в санитарно-биологической оценке: Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата биологических наук. (03.00.18) / Тартус. ун-т. - Тарту : [б. и.], 1975. - 24 с.

22. Пахарькова Н.В., Шашкова Т.Л. Биологический контроль состояния окружающей среды. Методические указания для семинарских занятий и

самостоятельной работы студентов: учебно-методическое пособие Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2020. – 62 с.

23. Рисник Д. В., Беляев С. Д., Булгаков Н. Г. [и др.] Подходы к нормированию качества окружающей среды. Законодательные и научные основы существующих систем экологического нормирования // Успехи современной биологии. – 2012. – Т. 132, № 6. – С. 531-550. – EDN RHGCMH.

24. Родионов В. З., Дрегуло А. М., Кудрявцев А. В. ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕК ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

25. Рыбка К Ю., Щеголькова Н М. Механизмы очистки сточных вод от биогенных элементов (азота и фосфора) в фито-очистных системах // Экосистемы: экология и динамика. 2018. №4, 144-171. doi: 10.24411/2542-2006-2018-10025.

26. Состояние окружающей среды Ленинградской области в 2022 году. — Санкт-Петербург: Папирус, 2023 — 320 с.

27. СХЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ Муниципального образования «Город Всеволожск» Всеволожского муниципального района Ленинградской области на период до 2026 года. 184 с.

28. Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы / ГПНТБ СО РАН. - Новосибирск, 2002. - 114 с. - (Сер. Экология. Вып. 64.

29. Урусова Е. С., Фураева Д. И. Высокие и экстремально высокие уровни загрязнённости реки Охта и её притоков в летний период // Сборник научных трудов конференции «Северная Пальмира» (22–23 ноября 2018 г.). – Санкт-Петербург: НИЦЭБ РАН, 2018. С. 121-125.

30. Урусова, Е. С. Оценка загрязненности притоков реки Охта в пределах Санкт-Петербурга / Е. С. Урусова // Современные проблемы гидрометеорологии и устойчивого развития Российской Федерации: Сборник тезисов Всероссийской научно-практической конференции, СПб, 2019. – С. 843-845. – EDN ZBHMLZ.

31. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Постановление от 28 января 2021 г. № 2 САНПИН 1.2.3685-21 "ГИГИЕНИЧЕСКИЕ НОРМАТИВЫ И ТРЕБОВАНИЯ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ И (ИЛИ) БЕЗВРЕДНОСТИ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ"

32. Фрумин Г. Т., Хуан Ж.-Ж.. Вероятностная оценка трофического статуса водных объектов. Методическое пособие. СПб.: РГГМУ. – 2012. – 28 с.

33. Чеснокова С. М., Злышко А. С., Савельев О. В. / Оценка самоочищающей способности и устойчивости к загрязнению малых водотоков урбанизированных территорий // Вода: химия и экология. – 2014. – № 6(72). – С. 26-30. – EDN SICXVR.

34. Чеснокова С.М., Злышко А.С.. Оценка уровня загрязнения донных отложений р. Содышка и их роли в самоочищении экосистемы водотока // Экология речных бассейнов: Труды 6-й Междунар. науч.-практ. конф. /Под общ.ред. проф. Т.А. Трифионовой; Владим. гос. ун-т, Владимир. – 2011. – С. 92-96.

35. Янин Е.П. Экологическая геохимия речной эпифитовзвеси // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 2015, № 8, с. 47–91.

36. Wikimapia - multilingual open-content collaborative map, where anyone can create place tags and share their knowledge. URL: <https://wikimapia.org/30716882/ru/Выходной-портал-коллектора-реки-Лапки> (дата обращения: 26.10.2024).

Приложение А.

Для оценки биоразнообразия растительных сообществ использовался индекс Шеннона-Уивера. Он учитывает количество присутствующих видов и относительную численность каждого вида.

$$H = - \sum p_i \log p_i \quad (7)$$

где p_i – доля особей, принадлежащих к i -му виду

Индекс Индекс MTR (Mean Trophic Rank, Средний Уровень Трофии) разработан в Великобритании, Каждому виду макрофитов присваивается трофический ранг, который отражает его предпочтения к уровню питательных веществ. Например, виды, предпочитающие богатые питательными веществами условия, получают более высокие ранги. Следует отметить, что индекс довольно точно отражает загрязнение водотоков фосфатами, но может упускать загрязнение нитратами. Индекс рассчитывается по следующей формуле:

$$MTR = \frac{\sum SCV * STR}{\sum SCV} \quad (8)$$

где вклад каждого вида определяется как $SCV * STR$; SCV – коэффициент обилия видов; STR – биоиндикационное значение вида (трофический ранг).

Результат расчёта оценивается одной из трёх оценок:

- более 65 – низкая вероятность эвтрофии;
- 25–65 – есть риск эвтрофии;
- меньше 25 – участок реки находится под влиянием органического загрязнения.

Макрофитный индекс IBMR (Indice Biologique Macrophytique en Riviere) основан на изучении водных растений (макрофитов) для определения качества воды реки, а также степени её эвтрофикации, связанной с содержанием азота и фосфора в воде. Индекс был разработан Д. Хаури (1996) во Франции.

Требования к исследуемому участку соответствуют требованиям к проведению измерений для многих других макрофитных индексов. Они должны

быть в длину не менее 50 м, и продлеваются до 100 м там, где растительность редка и покрывает менее 5 % поверхности. Кроме того, площадь наблюдаемой поверхности должна быть не менее 100 м².

Индекс IBMR вычисляется по следующей формуле:

$$IBMR = \frac{\sum E_i * K_i * C_{si}}{\sum E_i * K_i} \quad (9)$$

где E_i – коэффициент стенобионтности вида (от 1 до 3), K_i – коэффициент обилия вида, C_{si} – коэффициент олиготрофии вида (от 0 до 20).

Таблица 11 – оценка проективного покрытия в баллах.

K_i – коэффициент обилия вида	Проективное покрытие %
1	< 0,1
2	0,1–1
3	1–10
4	10–50
5	> 50

Полученные значения характеризуют трофность водотока в соответствии со шкалой:

- $IBMR > 14$ – очень низкая;
- $12 < IBMR \leq 14$ – низкая;
- $10 < IBMR \leq 12$ – средняя;
- $8 < IBMR \leq 10$ – высокая;
- $IBMR \leq 8$ – очень высокая.

Польский метод MIR, подобно вышеописанным, включает в себя количественную и качественную оценку всех видов макрофитов, произрастающих на 100-метровом участке реки. Проективное покрытие вида на обследуемом участке реки проводится при помощи 9-балльной шкалы,

аналогичной применяемой при расчете индекса MTR, а сам индекс рассчитывается по формуле:

$$MIR = \frac{\sum Li \cdot Wi \cdot Pi}{\sum Wi \cdot Pi} * 10 \quad (10)$$

Где где P_i – коэффициент покрытия для i -го таксона; W_i – весовой коэффициент для i -го таксона; L_i – индикаторное значение для i -го таксона.

Значение L колеблется в пределах от 1 до 10 от эвтрофных к олиготрофным условиям. Величина W колеблется от 1 (растений с высокой толерантностью к трофическому статусу места обитания) до 3 – стенобионтных видов.