

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ЗУЕВА НАДЕЖДА ВИКТОРОВНА

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ РЕК СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ  
НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СООБЩЕСТВ МАКРОФИТОВ  
(НА ПРИМЕРЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)

Специальность 25.00.36 – Геоэкология

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата географических наук

Санкт-Петербург  
2007

Работа выполнена на кафедре прикладной экологии Российского государственного гидрометеорологического университета

Научный руководитель:

доктор биологических наук, профессор

Гальцова Валентина Викторовна

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук

кандидат географических наук

Комулайнен Сергей Федорович

Третьяков Виктор Юрьевич

Ведущая организация: Ин-т Озероведения РАН (Санкт-Петербург)

Защита состоится « 18 » октября 2007 г. в 15 часов 30 минут на заседании диссертационного совета Д 212.197.03 в Российском государственном гидрометеорологическом университете по адресу: 195196, Санкт-Петербург, пр. Metallistov, д. 3, аудитория 406 «б»

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2007 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор технических наук, профессор

Бескид П.П.

### Общая характеристика работы

**Актуальность работы.** Северо-запад России, в том числе и Ленинградская область, характеризуется хорошо развитой речной сетью. Малые водотоки составляют 95 % от общего числа рек района, а их длина – 70 % от общей длины всех рек.

Макрофиты – один из важнейших компонентов водных экосистем. Это сосудистые растения, а так же крупные водоросли и мхи, нормально развивающиеся в условиях водной среды и избыточного увлажнения и обитающие как в воде, так и в прибрежной зоне.

Характеристики сообществ макрофитов традиционно используются для оценки трофического статуса водоемов и различных видов антропогенного воздействия. Но применимость этих характеристик для оценки состояния водотоков, нуждается в специальной разработке, так как большинство исследований водной растительности было выполнено для озер и водохранилищ.

Макрофитам свойственна консервативность по отношению к кратковременным изменениям среды, однако изменения растительности в течение нескольких лет могут свидетельствовать об антропогенной трансформации экосистем. Именно поэтому макрофиты являются хорошим объектом для многолетних наблюдений. Как объект наблюдения макрофиты имеют ряд преимуществ перед другими обитателями водоемов. Прежде всего, это крупные организмы видимые невооруженным глазом, причем их относительно легко определить.

В системе гидробиологического мониторинга эффективность использования растительных сообществ обусловлена степенью их изученности как биологических показателей состояния водной среды. И если характеристики фитопланктона и зообентоса используются в системе мониторинга достаточно широко, то сообщества макрофитов представлены в гораздо меньшей степени.

Важно отметить, что в последние годы во многих странах Европы внедряется Водно-Рамочная Директива ЕС в соответствии с которой проводятся широкомасштабные исследования водотоков. Видовой состав и структурные характеристики макрофитов рекомендованы к применению для оценки экологического состояния рек наряду с широко используемыми гидробиологическими показателями сообществ макрозообентоса и фитопланктона.

Все это обуславливает *актуальность* данного исследования.

**Цель** настоящей работы состояла в том, чтобы оценить современное экологическое состояние малых рек Ленинградской области и Санкт-Петербурга на основе структурных характеристик сообществ макрофитов.

В рамках поставленной цели решались следующие *задачи*:

1. Провести анализ флоры и растительности разнотипных малых рек Ленинградской

области и Санкт-Петербурга;

2. Проанализировать структурные характеристики сообществ макрофитов (видовое богатство, видовое разнообразие, проективное покрытие, обилие) исследованных рек;
3. Разработать методику оценки качества воды по структурным параметрам сообществ макрофитов;
4. Выявить взаимосвязь между характеристиками сообществ макрофитов и показателями качества воды;
5. На основе полученных результатов оценить современное экологическое состояние малых рек Ленинградской области.

В ходе работы над диссертацией были сформулированы и обоснованы следующие **основные положения**, которые выносятся на защиту:

1. Методика оценки качества воды малых рек на основе структурных характеристик сообществ макрофитов с учетом региональных особенностей;
2. Оценка современного экологического состояния малых рек Северо-Западного региона России на примере Ленинградской области.

**Научная новизна** исследования заключается в том, что:

1. Впервые дана сравнительная характеристика растительного покрова разнотипных малых водотоков Ленинградской области и Санкт-Петербурга;
2. Разработана методика оценки качества вод малых рек Ленинградской области и Санкт-Петербурга на основе характеристик сообществ макрофитов;
3. Проведена классификация исследованных малых рек по данным о структурных характеристиках сообществ макрофитов;
4. Выполнена оценка современного состояния малых рек Северо-Западного региона России на примере Ленинградской области помощью структурных характеристик сообществ макрофитов.

**Практическая ценность.** Предложенная в работе методика может быть использована для исследования малых водотоков Ленинградской области и всего Северо-Запада России. Полученная характеристика рек может служить отправной точкой для проведения экологического мониторинга, что особенно важно в связи с прокладкой Северо-Европейского газопровода через исследованные реки и их водосборные площади. Для малых рек Ленинградской области впервые апробирована методика оценки уровня содержания биогенов в водотоке при помощи биологического индекса макрофитов (IBMR – Indices biologiques macrophyte en riviere).

**Апробация работы.** Материалы, положенные в основу диссертации, докладывались: на 1) международной конференции "Актуальные вопросы экологии" (Караганда, 2003); 2) международной конференции "Проблемы экологии городов" (Ереван, 2003);

3) международной конференции "Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон" (Санкт-Петербург, 2004); 4) молодежной конференции ботаников (Санкт-Петербург, 2004); 5) всероссийской конференции "Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана" (Борок, 2004); 6) международном форуме "День Балтийского моря" (Санкт-Петербург, 2005); 7) всероссийском гидрологическом съезде (Санкт-Петербург, 2005); 8) съезде гидробиологического общества РАН (Тольятти, 2006); 9) международной конференции "Биоиндикация в экологическом мониторинге пресноводных экосистем" (Санкт-Петербург, 2006); 10) международной конференции "Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон" (Санкт-Петербург, 2006); 11) итоговых сессиях УС РГГМУ (2001, 2003, 2004, 2005, 2006).

**Публикации.** Основные положения работы опубликованы в 4 статьях и 17 тезисах докладов, из них 1 статья в журнале из списка ВАК.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 137 страницах машинописного текста и включает в себя введение, 5 глав с 21 таблицей и 22 рисунками, заключение, выводы и приложение. Список литературы содержит 180 наименований, из которых 28 на иностранных языках.

**Благодарности.** Выражаю глубокую благодарность научному руководителю – д.б.н. В.В. Гальцовой за всестороннюю поддержку в работе над диссертацией; к.б.н. Л.В. Кулангиевой за предоставленные материалы. Искреннюю признательность доценту кафедры прикладной экологии РГГМУ, к.б.н. А.Б. Степановой, профессору, д.г.н. В.В. Дмитриеву, н.с. БИН РАН, к.б.н. О.А. Шерстневой, за консультации на разных этапах исследования.

Работа выполнена *при поддержке* Конкурсного центра фундаментального естествознания Минобразования России, номер гранта М03-2.6Д-295. Федеральной целевой программы "Интеграция", номер гранта 34.248.

### **Краткое содержание работы**

**Во введении** сформулирована актуальность диссертационной работы, поставлены цель и задачи исследований, определены научная новизна и практическая значимость.

**Первая глава «Физико-географическая характеристика Ленинградской области»** посвящена физико-географической и гидрологической характеристикам Ленинградской области – региона, который отличается многообразием природных комплексов т. к. это своеобразная переходная зона между Прибалтикой и северо-востоком Европы в геоморфологическом, климатическом и других отношениях.

**Во второй главе «Материалы и методы исследования»**, описывается материал, который был в распоряжении автора, а также методы математической обработки, использованные для его представления и интерпретации.

Основой для работы послужили пробы, собранные на 16 реках Ленинградской области и Санкт-Петербурга (рис. 1) в период с 2000 по 2005 гг. Дополнительный материал был получен в Зоологическом институте РАН и обработан нами.



Водотоки.

1. Старый Оредеж
2. Оредеж
3. Орлинка
4. Охта
5. Нева
6. Черная
7. Морье
8. Авлога
9. Вьюн
10. Нижний
11. Волчья
12. Волочаевка
13. Петровка
14. Селезневка
15. Чулковка
16. Песчаная

Рис. 1. Схема расположения станций.

Для двух водотоков, рек Охта и Оредеж, осуществлялись подробные исследования макрофитов: на р. Охта – в пределах городской черты (т.е. от Охтинского водохранилища до впадения в р. Нева); на реке Оредеж – в ее верховьях (от Чикинского водохранилища до поселка Батово). На остальных водотоках материал был собран на одной станции расположенной в наиболее характерном участке реки.

Исследования проводились на реках в период максимального развития растительности (июль – начало августа). Всего было обследовано 34 станции. Выполнено 230 геоботанических описаний и обработано 120 гербарных листов.

В целом, при описании растительности, картировании и изучении элементов структуры фитоценозов использовались методические разработки В.М. Катанской и А.П. Белавской (Катанская, 1981; Белавская, 1979), с некоторыми модификациями А.А. Боброва (Бобров, 2000, 2005) применительно к водотокам. Классификации фитоценозов выполнена по физиономическому принципу.

Определение проективного покрытия осуществлялось с помощью геоботанической рамки площадью 0,25 м<sup>2</sup>. При исследовании обилия макрофитов использовалась шкала Друде. Идентификация макрофитов выполнялась, в большинстве случаев, до вида.

Для каждой станции составлялся итоговый флористический список. Определялась общее и среднее обилие видов на этом ключевом участке. В дальнейшем проводился анализ материала именно для станций.

В экологическом анализе флоры рек применялась классификация введенная

В.Г. Папченковым (2001). В качестве одной из характеристик экологической структуры использовался индекс гидрофитности флоры предложенный Б.Ф. Свириденко (Свириденко, 1997):

$$I_{hd} = (2A / B) - 1;$$

Где:  $A$  – число водных видов;  $B$  – число всех видов рассматриваемой флоры.

Величина индекса меняется от +1 при полном гидрофитном составе до -1 при отсутствии гидрофитов в выборке, нулевое значение означает равенство долей водной и околоводной составляющих анализируемой флоры. В данной работе для расчета  $I_{hd}$  для всей флоры за  $A$  принималось количество водных растений в широком смысле, т.е. с 1 по 3 экологический типы. (Свириденко, 1997; Папченков, 2003)

Сходство видового состава оценивалось с помощью коэффициента Жаккара (Нешатаев, 1987):

$$K_j = \frac{c}{(a + b - c)} \cdot 100 \%;$$

Где:  $a$ ,  $b$  – число видов на конкретных участках реки;  $c$  – число видов, встречающихся одновременно на обоих из них.

Коэффициент  $K_j$  принимает значения от 0 до 100 %. Нулевое значение показывает абсолютное несовпадение списков сравниваемых участков; 100 % означает полное совпадение списков.

Для количественной оценки структуры сообществ растений, характеризующей их разнообразием, использовался информационный индекс Шеннона-Уивера (Shannon, Weaver, 1963):

$$\bar{H} = -\sum n_i / N \log_2(n_i / N), \text{ или } \bar{H} = -\sum P_i \log_2 P_i,$$

Где:  $n_i$  – оценка значимости каждого вида;  $N$  – сумма оценок значимости;  $P_i$  – вероятность вклада каждого вида.

Оценка уровня содержания биогенов в водах рек произведена при помощи индекса IBMR – "Indices biologiques macrophyte en riviere" (Биологический индекс макрофитов для рек) разработанного во Франции (Haugy *et al.*, 2002):

$$IBMR = \frac{\sum E_i \cdot K_i \cdot Cs_i}{\sum E_i \cdot K_i}$$

Где:  $i$  – номер вида по порядку ( $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $n$  – количество видов растений на рассматриваемом участке);  $E_i$  – коэффициент стеноитности вида (от 1 до 3);  $K_i$  – обилие видов, определяемое с помощью значений проективного покрытия видов (от 1 до 5);  $Cs_i$  – коэффициент олиготрофности вида (от 0 до 20).

Выделяются следующие уровни содержания биогенов (AFNOR, 2003): 1)  $IBMR \leq 8$  – очень высокий; 2)  $8 < IBMR \leq 10$  – высокий; 3)  $10 < IBMR \leq 12$  – средний; 4)  $12 < IBMR$

$\leq 14$  – низкий; 5)  $IBMR > 14$  – очень низкий.

Для комплексной оценки качества вод по гидрохимическим характеристикам был использован рекогносцировочный индекс загрязнённости воды (рИЗВ). Так как мы располагали лишь данными одной гидрохимической съемки, то вычислить индекс загрязнённости воды (ИЗВ) не представлялось возможным. Однако для того чтобы обобщить гидрохимические данные был произведен расчет по формуле для ИЗВ лишь по материалам единственной съемки (Дмитриев, Фрумин, 2004). Полученный показатель мы называем в работе рекогносцировочный индекс загрязнённости воды (рИЗВ).

$$ИЗВ = \frac{\sum C_{1-6} / ПДК_{1-6}}{6}$$

Где:  $C/ПДК$  – относительная (нормированная) концентрация; 6 – строго лимитируемое количество показателей (ингредиентов), берущихся для расчёта и имеющих наибольшие относительные концентрации (значения), включая в обязательном порядке растворённый кислород и  $БПК_5$ .

При сравнении рек по комплексу гидробиологических и гидрохимических параметров исходные данные были преобразованы методом главных компонент. Для выявления скрытой структуры гидробиологических и гидрохимических данных использовался кластерный анализ. Деревья объединения кластеров – дендрограммы, построены методом Варда.

Решение поставленных задач о выявлении взаимосвязи различных параметров производилось с помощью регрессионно-статистической обработки. Реализация моделей для различных вариантов исследования и статистическая оценка надежности результатов производилась с помощью пакета GIDStat, разработанного на кафедре Прикладной экологии РГГМУ.

Все расчеты сделанные в работе выполнены на персональном компьютере с использованием пакетов программ Microsoft Excel, Statistica 6.0, GIDStat v.2.

**В главе 3 «Гидрохимическая характеристика исследованных малых рек Ленинградской области и Санкт-Петербурга»** рассматривается общая гидрохимическая характеристика малых рек данного региона. На основе литературных и собственных данных выполнен анализ изменения ряда гидрохимических параметров исследованных рек. Выполнена общая гидрохимическая характеристика вод малых рек Ленинградской области, причем особое внимание было уделено водотокам, на которых проводились собственные исследования.

В таблице 1 приведены полученные нами значения ряда гидрохимических параметров. Для некоторых химических характеристик отмечены незначительные колебания значений (растворенный кислород, бихроматная окисляемость, медь, никель, хром, жесткость, нефтепродукты, железо). Тогда как хлориды,  $БПК_5$ , нитраты, аммонийный азот, фосфаты,



сульфаты, цинк и свинец показали широкий диапазон концентраций. Весьма существенно (более чем в 300 раз) изменяется содержание нитритов в различных реках.

Таблица 1

Гидрохимические параметры исследованных малых рек  
Ленинградской области и Санкт-Петербурга

Параметр	Река												
	Черная	Морье	Вьюн	Авлога	Песчаная	Чулков-ка	Селезневка	Петровка	Волочевка	Оредеж	Орлинка	Ст.Оредеж	Охта
рН	6,8	5,9	5,9	7,2	6,8	5,9	7,4	6,2	6,3	7,8	7,6	-	7,5
взвешенные вещества, мг/л	168,2	28,0	16,4	24,0	10,8	56,8	8,2	10,4	26,8	1,6	-	-	-
раств.кислород, мгО <sub>2</sub> /л	7,30	8,61	8,49	7,16	7,39	8,49	8,20	4,61	9,47	9,11	-	-	3,19
ХПК, мгО/л	121,0	100,0	41,1	63,6	42,2	97,6	58,8	74,4	86,9	-	-	-	-
БПК, мгО/л	0,50	8,80	0,50	11,40	3,40	1,60	2,00	0,50	2,00	1,52	-	-	5,38
жесткость, мг-экв/л	0,38	0,57	0,40	1,63	0,36	0,28	1,31	0,29	0,43	3,48	-	-	2,17
нитраты, мг/л	2,05	1,90	0,30	10,30	1,00	1,50	1,90	0,30	0,60	0,63	0,21	0,47	-
нитриты, мг/л	0,01	0,01	0,02	3,87	0,01	0,11	0,62	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,13
азот аммонийный, мг/л	1,45	0,60	0,30	18,40	0,50	0,50	0,60	1,70	1,30	1,80	1,18	1,37	-
фосфаты, мг/л	0,15	0,27	0,16	1,91	0,08	0,14	0,29	0,18	0,14	0,01	0,01	0,01	0,17
железо, мг/л	4,16	4,25	1,30	1,80	1,15	3,88	0,43	2,11	3,90	0,54	-	-	1,73
свинец, мг/л	0,044	0,002	0,009	0,008	0,002	0,002	0,002	0,030	0,002	-	-	-	0,040

Примечание: прочерк обозначает, что анализ не проводился.

Многими авторами было показано, что за последние десятилетия качество вод рек Ленинградской области ухудшилось вследствие хозяйственной деятельности (Еремеева, Викторовский, 1998; Викторовский и др., 1999; Расплетина, Сусарева, 2003; Трифонова, Павлова, Афанасьева, 2003). Нами выделены реки, загрязнение которых значительно. Так, воды реки Авлога отличаются высоким содержанием биогенных соединений, органического вещества, грубодисперсных примесей, хлоридов, и др. Такая ситуация связана с развитым на ее водосборе сельским хозяйством, наличием животноводческих комплексов и населенных пунктов. Реке Авлога свойственно худшее качество вод среди исследованных нами малых водотоков Ленинградской области. Такой водоток как р. Черная также значительно загрязнен. Гидрохимический режим этой реки отличается от других тем, что здесь очень высоко содержание взвешенных веществ, максимально значение ХПК, содержание свинца превышает предельно допустимую концентрацию.

Городские водотоки значительно загрязнены, особенно река Охта, которая называется самой грязной рекой Санкт-Петербурга (Охрана окружающей среды..., 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005). По нашим данным этот водоток также значительно отлича-

ется от рек области. Загрязнение р. Охта весьма велико, причем прослеживается его возрастание по течению вместе с увеличением техногенной нагрузки на этот водоток. Местами, предельно допустимые концентрации тяжелых металлов превышены здесь в десятки, и даже сотни раз. Весьма высоки концентрации биогенных соединений, нефтепродуктов, нарушен кислородный режим. Описанная ситуация сложилась вследствие большого числа выпусков сточных вод и поверхностного стока с городских и промышленных территорий. Сбросы в реку Охта, в том числе осуществляют такие крупнейшие загрязнители как ГУП «Водоканал Санкт-Петербург» и ОНПО «Пластполимер» (Шелутко, Колесникова, 2004; Государственный доклад ..., 2006).

Анализ гидрохимических данных методом главных компонент подтвердил наше заключение о значительном отличии рек Охта и Авлога, от остальных. Эти водотоки характеризуются самым высоким уровнем загрязнения.

Расчет рекогносцировочных индексов загрязнения вод (рИЗВ) позволил отнести воды реки Авлога к 7 классу качества (чрезвычайно грязные воды), р. Охта к 6 (очень грязные), а р. Черная к 5 классу (грязные воды). Остальные реки характеризуются загрязненной и умеренно загрязненной водой.

**Глава 4 «Растительный покров малых рек Ленинградской области и Санкт-Петербурга»** посвящается анализу флоры и растительности исследованных малых водотоков, отдельное внимание уделено рассмотрению видового богатства и разнообразия.

**4.1 Флора и растительность исследованных рек.** Флора макрофитов исследованных малых рек насчитывает 150 видов растений, относящихся к 5 отделам. Большую часть (93 %) составляют цветковые растения, причем из них на долю двудольных приходится 93 вида (67 %) из 33 семейств (73 %), а однодольных – 45 видов (33 %) из 12 семейств (27 %). Кроме цветковых в рассматриваемой флоре присутствуют 7 видов сосудистых споровых растений (5 видов хвощей и 2 папоротника), 4 – моховидных, 1 вид зеленых водорослей.

Ведущими по числу видов семействами среди покрытосемянных являются – *Gramineae* – 16 видов, *Asteraceae* – 13, *Ranunculaceae* – 9, *Apiaceae* – 8, *Cyperaceae* – 7, *Potamogetonaceae*, *Lamiaceae*, *Scrophulariaceae*, *Caryophyllaceae*, *Rosaceae*, *Leguminosae* – по 5 видов, *Primulaceae*, *Rubiaceae*, *Polygonaceae* – по 4 вида.

Еще в трех семействах (*Sparganiaceae*, *Lemnaceae*, *Juncaceae*) по 3 вида, в семи (*Valerianaceae*, *Campanulaceae*, *Onagraceae*, *Nymphaeaceae*, *Alismataceae*, *Hydrocharitaceae*, *Typhaceae*) по 2 вида, а в остальных – 21, по одному виду (*Iridaceae*, *Butomaceae*, *Convallariaceae*, *Menyanthaceae*, *Urticaceae*, *Ceratophyllaceae*, *Geraniaceae*, *Callitrichaceae*, *Brassicaceae*, *Hypericaceae*, *Violaceae*, *Lythraceae*, *Haloragaceae*, *Hippuridaceae*, *Boraginaceae*, *Solanaceae*, *Cannabaceae*, *Vacciniaceae*, *Convolvulaceae*, *Lentibulariaceae*, *Plantaginaceae*).

По экологическим типам виды распределены следующим образом: 24 вида гидрофитов, 11 видов гелофитов, 19 видов гигрогелофитов, 39 вида гигрофитов, 56 видов гигромезо- и мезофитов. Таким образом, разнообразие водной составляющей флоры ниже (36 % или 54 вида), чем заходящей в воду береговой (64 % или 96 видов), что подтверждает значение индекса гидрофитности (-0,3).

Водная, воздушно-водная и гигрогелофитная растительность исследованных участков сложена 28 формациями, представленными 52 ассоциациями. Выявлено, что для рек северо-запада Карельского перешейка, впадающих в Финский залив, характерны формации следующих растений: *Nuphar lutea* и *Typha latifolia*. Рекам на юго-западе перешейка свойственны формации *Glyceria fluitans*. Там же часто встречаются формации *Fontinalis antipyretica*. Водотокам на юге области свойственны формации *Nuphar lutea*, *Sparganium emersum*, *Scirpus lacustris*, *Carex acuta*.

**4.2 Сравнительный анализ исследованных рек по видовому богатству и обилию флоры.** Можно отметить невысокий уровень сходства *всей флоры* изучаемых водных объектов. Наибольшее сходство было отмечено между флорой рек Оредеж и Орлинка, значение коэффициента Жаккара составило 35 %.

Коэффициенты сходства рассчитанные для *водной флоры* исследованных рек более высоки. Максимальные значения их выявлены для рек Селезневка и Морье (40 %); Петровка и Морье (38 %); Петровка и Селезневка (36 %).

Анализируя значения коэффициента, рассчитанные для *настоящей водной флоры*, можно заметить, что здесь уровень подобия наиболее высокий. Довольно большие значения коэффициента Жаккара ( $\geq 50$  %) получены для флоры рек Чулковка и Волочаевка, Волчья и Чулковка, Вьюн и Селезневка. Следует также отметить, что река Авлога не имеет сходства ни с одним из участков т.к. истинно водные растения в ней отсутствуют.

Видовое разнообразие оценено для различных экологических групп макрофитов. Значения индекса разнообразия Шеннона-Уивера для *флоры* малых рек области лежат в диапазоне от 2,5 (р. Старый Оредеж) до 5,0 (р. Волчья, р. Чулковка). Низкое значение для реки Старый Оредеж объясняется ее своеобразием. Это карстовая река с высокой минерализацией вод, питающаяся за счет ключей с низкой температурой воды (4 °С). Лишь здесь развивается *Batrachium eradicatum* и зеленые нитчатые водоросли. Так же не высок индекс *H* для ручья Нижнего – это, так же как и Старый Оредеж весьма небольшой водоток. Сравнение малых рек с р. Нева у Кировска, показало более высокие значения индекса для нее (6,1). Для реки Санкт-Петербурга – р. Охта среднее значение индекса видового разнообразия гораздо ниже по сравнению с малыми реками области.

Индекс разнообразия *водной флоры* для изученных малых рек изменяется в меньшем диапазоне – от 2,0 (р. Старый Оредеж, р. Авлога) до 3,9 (р. Оредеж). Значение индекса

са Шеннона-Уивера для *настоящей водной флоры* малых рек Ленинградской области изменяется от 0 – в том случае если на исследованном участке водотока отсутствуют гидрофиты (р. Авлога), или обнаружен только один вид (р. Селезневка, р. Черная) до 2,5 (р. Орлинка).

Наибольшее видовое разнообразие гидрофитов и водных растений выявлено для малых рек юга Ленинградской области – рек Оредеж и Орлинка. Данная картина соответствует правилу увеличения богатства и разнообразия с севера на юг (Алимов, 2000; Папченков, 2001). Однако это правило нарушается в случае с р. Старый Оредеж – так же рекой юга области, но отличающейся большим своеобразием, видовое разнообразие ее флоры невелико.

Рассмотрение обилия различных видов выявило, что среди малых водотоков наибольшие значения суммарного обилия растений оказались свойственны р. Вьюн и р. Чулковка. Минимальные зафиксированы для рек Охта и Старый Оредеж, причем средние величины для вида здесь высоки. В целом, для малых рек значения суммарного обилия изменяются в диапазоне от 14 (р. Охта) до 66 (р. Вьюн), а среднего: 1,7 (р. Волчья, р. Песчаная) – 2,7 (р. Старый Оредеж).

При анализе обилия флоры 15 исследованных малых водотоков методом главных компонент, по первой компоненте выделяется река Вьюн. Реки Петровка и Чулковка так же отличаются от остальных по 2 компоненте. В них найдены макрофиты, не встречающиеся на других водных объектах, причем некоторые из них с высоким обилием. В основном это околоводные растения.

На основе анализа обилия видов в конкретных реках можно их сопоставить по характеру доминирования. Река Чулковка, с самым высоким видовым богатством и разнообразием ( $H_{1.5} = 5$ ), характеризуется выровненной структурой доминирования. Здесь отмечено 4 доминирующих вида и 4 субдоминанта, причем преобладают водные растения. В р. Вьюн 3 доминирующих вида, причем один из них имеет более высокое обилие, это – *Aegopodium podagraria*. В р. Оредеж, с более низкими значениями видового разнообразия всей флоры – 4,1, но максимальными – флоры гидрофитов, обнаружен лишь один вид-доминант – *Potamogeton natans*, при 6 субдоминантах. Сопоставление описанных рек между собой показало, что река юга области – Оредеж отличается исключительным преобладанием водных растений, а р. Вьюн присуща обратная картина. Река Черная, хоть и не отличается большим видовым богатством, но имеет выровненную структуру доминирования.

Несмотря на отмеченные различия, все описанные водотоки существенно отличаются от р. Охта подверженной сильному антропогенному воздействию. Она характеризуется нарушенной структурой сообществ, как в верхнем, так и нижнем створах. Для участков с меньшим антропогенным воздействием (верхнее течение реки) свойственно небольшое

количество видов с малым обилием, при наличии трех доминантных видов. Для зоны, подверженной интенсивному воздействию хозяйственной деятельности человека (нижнее течение), характерны крайне низкие значения видового богатства (0 – 3 вида), и малое обилие видов. Причем необходимо отметить, что большое число редких, малообильных видов, которые не были отмечены в р. Охта, обеспечивают устойчивость экосистемы (Одум, 1986; Нинбург, 2005).

При анализе компонентного состава, обилия, видового разнообразия и богатства выделились разные группы рек. Для того чтобы предложить общую классификацию водотоков были использованы все исследованные структурные параметры. На их основе была составлена общая матрица. Она была обработана методом главных компонент.

Главные компоненты (3 фактора берущие на себя 97 % изменчивости) были кластеризованы, полученная дендрограмма представлена на рис. 2. С ее помощью нами было выделено 4 группы рек (см. рис.2). Выделенные группы компактны и существенно различаются между собой значениями структурных характеристик сообществ макрофитов, их подробное описание будет приведено ниже.

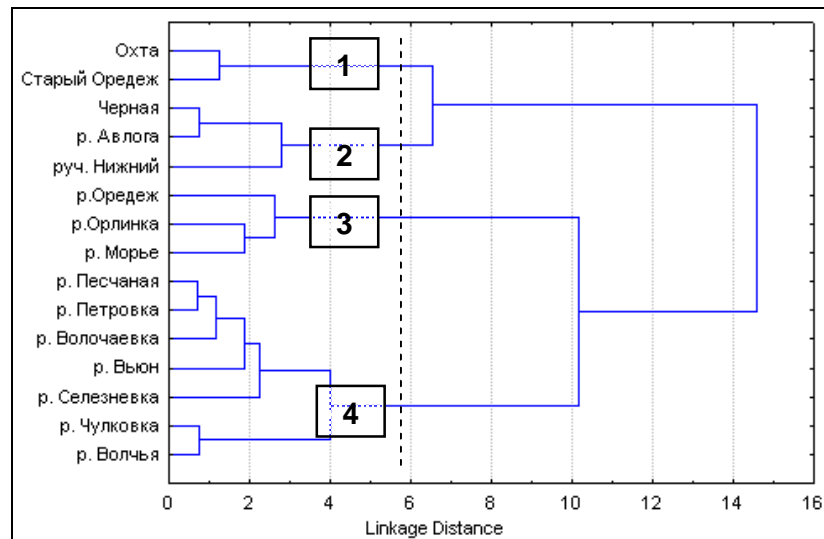


Рис. 2. Дендрограмма различия исследованных малых рек, по структурным параметрам макрофитов построенная на основе значений факторных нагрузок.

**4.3 Растительный покров рек Охта и Оредеж.** На примере двух контрастных рек Охта и Оредеж, осуществлялись подробные исследования растительного покрова. На р. Охта – в пределах городской черты, а в реке Оредеж – в ее верховьях,

Охта – река протекающая в промышленной зоне (Санкт-Петербург), р. Оредеж – расположена в сельскохозяйственном районе (юг Ленинградской области). Выявлены существенные различия в структурных характеристиках флоры этих водотоков. Река Оредеж отличается исключительным видовым богатством и разнообразием макрофитов, в то время

как Охта довольно бедна. Значения общего проективного покрытия для Ордежа так же выше.

Река Охта по всем структурным характеристикам сообщества макрофитов может быть четко разделена на две группы участков: с 13 станции (ниже плотины Охтинского вдхр.) до 6 – с относительно нормальной растительностью, и с 5 до 1 (устьевая область при впадении в р. Нева) – с угнетенной растительностью, либо с полным ее отсутствием. Такое зонирование водотока, по-видимому, связано с антропогенной нагрузкой на эту реку, которая нарастает так же – от водохранилища к устью (рис. 3).

Для растительного покрова реки Ордеж значения структурных характеристик изменяются менее существенно. Тем не менее, проявляется следующая закономерность: в окрестностях населенных пунктов значения общего проективного покрытия, видового разнообразия и богатства несколько возрастают (рис. 3). Происходит это, видимо, за счет большего поступления биогенных соединений в этих местах.

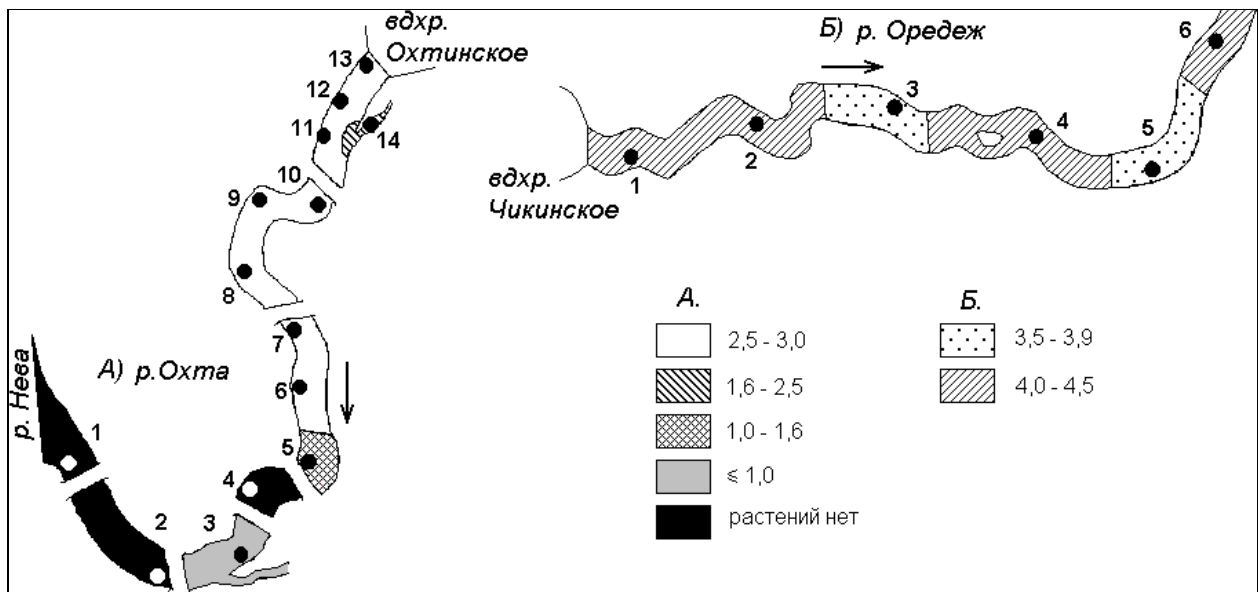


Рис. 3. Значения индекса видового разнообразия Шеннона-Уивера для различных участков рек Охта и Ордеж.

Полученные результаты, укладывается в известную закономерность (Фрейндлиг, 1998) – умеренное поступление биогенных элементов ведет к усложнению экологической структуры, появляются новые виды, увеличивается площадь зарослей, что и происходит в р. Ордеж. При высоком уровне биогенной нагрузки происходит упрощение экологической структуры растительных сообществ, уменьшение видового разнообразия. А значительный уровень антропогенного воздействия оказывает подавляющее влияние на состояние фитоценозов, сообщества разрушаются, растения практически отсутствуют. Подобную картину мы наблюдаем в нижнем течении реки Охта.

Анализ полученных структурных характеристик макрофитов рек Ордеж и Охта по-

зволил выявить высокие и значимые величины коэффициента корреляции между всеми исследованными параметрами. Связь, выявленная для значений индекса Шеннона-Уивера и общего проективного покрытия, представляется нам интересной. Так, она позволяет предположить, что на основе данных об общем проективном покрытии макрофитов можно судить о таких показателях, как их богатство и разнообразие.

Рассмотрев изменение структурных параметров сообществ макрофитов в этих двух водотоках, мы пришли к заключению, что при классификации рек описанной в разделе 4.2 необходимо расширить границы диапазонов этих величин. Группировка исследованных водотоков по значениям структурных характеристик сообществ макрофитов выглядит следующим образом (таблица 2): **Группа 0**: значения структурных характеристик сообществ макрофитов для водотоков этой группы стремятся к 0 за счет крайнего обеднения флоры. Примером может служить нижнее течение реки Охта, где критические значения антропогенной нагрузки приводят к полному разрушению сообществ. **Группа 1** отличается низкими значениями видового богатства и разнообразия всей флоры. При этом доля водных растений здесь высока. В этот класс вошли самые малые водотоки, отличающиеся специфическими естественными факторами – ручей Нижний и р. Старый Оредеж, а так же река Охта подверженная мощному воздействию хозяйственной деятельности человека. **Группа 2** характеризуется невысокими значениями видового богатства, при этом доля водных растений не превышает 18 %. Гидрофиты в этих реках практически отсутствуют. Реки настоящей группы расположены на юге Карельского перешейка, у западного берега Ладожского озера. Для них выявлена специфика гидрохимического режима связанная с воздействием комплекса естественных и антропогенных факторов. **Группа 3** характеризуется средними значениями видового богатства, большой долей водных растений и самыми высокими значениями видового разнообразия водной флоры и гидрофитов. В нее входят реки юга Ленинградской области, и примыкает одна река юга Карельского перешейка. **Группа 4** (подгруппы 4.1 и 4.2) отличается максимальными значениями видового богатства и видового разнообразия всей флоры. Здесь относительно невысока доля водных растений и гидрофитов. Причем для подгруппы 4.1 характерно относительно низкое видовое разнообразие водной флоры и крайне низкое разнообразие гидрофитов. Четверную группу образуют только реки Карельского перешейка.

Анализ показывает, что средние значения параметров для групп рек существенно отличаются друг от друга. Для рек характеризующихся относительно высоким качеством среды, выявлены узкие диапазоны значений таких структурных характеристик как индекс видового разнообразия макрофитов (от 3,9 до 5). Характерное для этих водотоков число видов растений изменялось от 17 до 36. Доминирующие виды имеют высокое обилие от 3 – 5, а значение суммарного обилия не опускается ниже 34. Выявленные величины струк-

турных характеристик можно считать нормой состояния малых рек Ленинградской области и Санкт-Петербурга. Реки, значения характеристик в которых укладываются в указанные диапазоны можно рассматривать как сохраняющие естественный режим функционирования.

Таблица 2

Классификация исследованных малых рек Ленинградской области и Санкт-Петербурга по структурным характеристикам сообществ макрофитов

Параметр	Группа 0	Группа 1	Группа 2	Группа 3	подгруппа 4.1	подгруппа 4.2	Группа 4 в целом
N <sub>1-5</sub>	0-3	5-15	19-20	17-28	26-33	34-36	26-36
N <sub>1-3</sub>	0-2	4-8	3-4	12-19	4-9	10-12	4-12
N <sub>1</sub>	0	2-6	0-1	2-7	1-2	3	1-3
H <sub>1-5</sub>	0-1,6	1,8-3,7	4,0-4,1	3,9-4,6	4,6- 4,9	5	4,6-5,0
H <sub>1-3</sub>	0-1,0	1,7-3,0	2,0-2,1	3,1-4,4	2,1-3,0	3,1-3,3	2,1-3,3
H <sub>1</sub>	0	1,0-2,5	0	1,8-2,5	0-1,0	1,4-1,6	0-1,6
D <sub>1-3</sub>	0-100	25-86	15-21	44-86	13-35	29-33	13-35
D <sub>1</sub>	0	13-86	0-5	9-33	4-7	8-9	4-9
СумОБ	0-6	14-38	37-41	34-56	51-66	59-65	51-66
СрОБ	0-2,0	2,5-3,3	1,9-2,1	1,8-2,5	1,7-2,1	1,7-1,8	1,7-2,1

Примечание: N – число видов, шт.; H – индекс Шеннона-Уивера; D – доля, %; СумОБ – суммарное обилие видов на станции; СрОБ – среднее обилие видов на станции; 1-5 – экотипы с 1 по 5, т. е. вся флора; 1-3 – водная флора в широком смысле; 1 – гидрофиты или настоящая водная флора.

Низкие значения рассмотренных в главе параметров встречаются как при сильной антропогенной нагрузке, так и при экстремальных значениях природных факторов (высокая минерализация, низкая температура воды в летний период) в реках отнесенных к группам 0 – 1.

**Глава 5. «Использование структурных характеристик сообществ макрофитов при оценке экологического состояния малых рек Ленинградской области и Санкт-Петербурга».** В главе дается характеристика применимости макрофитов для оценки качества вод.

Для применения характеристик растительного покрова в оценке качества вод малых рек нами предложено использовать балльно-индексный метод. В него были включены параметры, выделенные в главе 4, как наиболее показательные: индекс видового разнообразия всей флоры, число видов истинно водных растений, суммарное обилие макрофитов.

Обычным является установление 5 – 6 градаций качества вод. Значения перечисленных характеристик, которые в главе 4 были признаны нами нормой для водотоков Ленинградской области, отнесены к 3 классу качества вод (таблица 3).



Таким образом, нами выделено 4 класса качества вод: 1) “очень грязная” – с суммой индексов от 3 до 4; 2) “грязная” – от 5 до 7; 3) “умеренно загрязненная” – от 8 до 10; 4) “чистая” – от 11 до 12. Пятый класс “очень чистые воды” не выделен сознательно т. к. все исследованные реки находятся под различной степенью антропогенного воздействия и с той или иной степенью нарушения гидрохимического состава вод. В дальнейшем мы будем кратко обозначать данный индекс как Sm.

Таблица 3  
Классификация качества вод малых рек Ленинградской области и Санкт-Петербурга по структурным параметрам сообществ макрофитов

Параметр	Индексы			
	1	2	3	4
$H_{1-5}$	< 2	[2 - 4)	[4 - 5)	$\geq 5$
$N_1$	0	1	2	$\geq 3$
СумОБ	< 30	[30 - 40)	[40 - 50)	$\geq 50$

Примечание:  $H_{1-5}$  – индекс видового разнообразия влей флоры;  $N_1$  – число видов истинно водных растений, СумОБ – суммарное обилие макрофитов.

Таблица 4

Классы качества вод исследованных малых рек выделенные при помощи балльно-индексной оценки и метода сводных показателей по структурным характеристикам сообществ макрофитов

Река	Sm	Qi	Качество воды	Класс качества
Охта (ниж.)	3	0,99	Очень грязная	1
Охта (верх.)	7	0,54	Грязная	2
Авлога		0,49		
Черная		0,41		
Селезневка	9	0,38	Умеренно загрязненная	3
Песчаная	10	0,28		
Бьюн		0,26		
Петровка		0,26		
Волочаевка		0,23		
Оредеж		0,21		
Орлинка	11	0,16	Чистая	4
Морье		0,14		
Чулковка		0,14		
Волчья	12	0,11		

На основе таблицы 3 были определены классы качества вод исследованных малых водотоков (таблица 4). Наихудшим качеством отличаются воды нижнего течения реки Охта, а плохим – ее верхнее течение, реки Авлога и Черная. Нужно заметить, что три этих водотока были признаны нами наиболее загрязненными по гидрохимическим показателям. Для рек, состояние которых в изученных створах по гидрохимическим характеристикам

сопоставимо с фоновым, оценка по структурным параметрам макрофитов выявила, что их воды относятся к классам 3 – "умеренно загрязненные" и 4 – "чистые".

Найдена зависимость  $S_m$  с другими гидробиологическим показателям, такими как биотический индекс Вудивисса ( $B_i$ ) и индекс сапробности Пантле-Букка, в модификации Сладечека ( $S$ ). На рис. 4 представлены уравнения линейной регрессии и их графики для этих параметров. Обе зависимости надежны ( $R^2 > 0,5$ ) и могут быть использованы для расчетов.

Связь значений суммарного индекса  $S_m$  с ИЗВ весьма существенна: абсолютное значение коэффициента корреляции ( $r$ ) высоко ( $-0,65$ ) и  $r$  значим ( $\alpha = 5\%$ ). Однако уравнение линейной регрессии не может быть использовано для расчетов т.к. коэффициент детерминации меньше  $0,5$ . Необходимо заметить, что коэффициент линейной корреляции ИЗВ с биотическим индексом Вудивисса ( $B_i$ ) и индексом сапробности ( $S$ ) еще меньше по модулю и составляет соответственно  $-0,44$  и  $0,59$ .

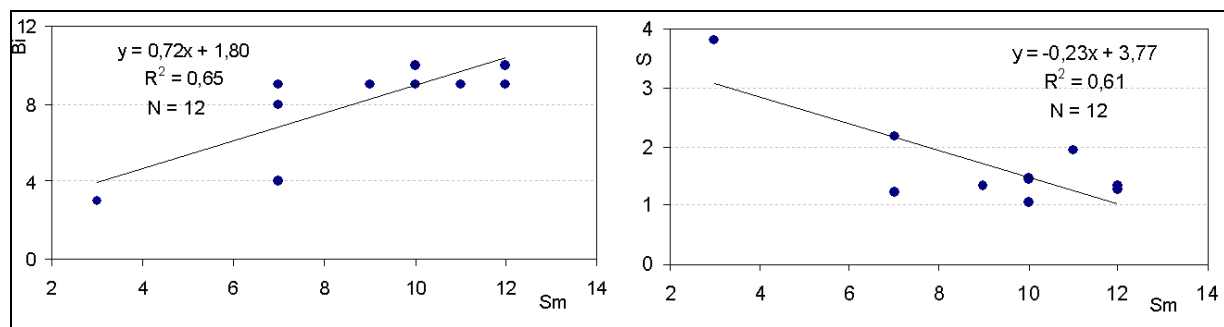


Рис. 4. Связь значений индекса Вудивисса ( $B_i$ ) и величины сапробности ( $S$ ) с полученными нами суммами баллов ( $S_m$ ).

Таким образом, можно говорить о том, что разработанный метод оценки качества вод по структурным параметрам сообществ макрофитов дает результаты сходные с традиционными гидробиологическими методами и может использоваться для определения качества вод на малых реках Ленинградской области и Санкт-Петербурга.

В связи с тем, что существуют особенности реакций разных групп организмов на различные воздействия, то используя предложенную методику совместно с характеристиками макрозообентоса, можно получить более объективную оценку качества среды. Кроме того, методика может использоваться самостоятельно.

Нужно заметить, что при оценке реки с очень чистой водой, может возникнуть неоднозначная ситуация из-за того, что  $S_m$  окажется равным значению отнесенному нами к 1 или 2 классу – "очень грязная" или "грязная" вода (Барина, Медведева, Анисимова, 2006). Однако территория Ленинградской области характеризуется антропогенной нарушенностью и значительным хозяйственным воздействием (Иванов, Самойлова, Сурков, 2006). Крайне мала вероятность того, что в этом регионе сохранились реки с очень высоким качеством своих вод.

Вслед за этапом балльно-индексной оценки, был сделан следующий шаг. Он состоял в свертке информации на основе выполненной классификации качества вод малых рек по структурным параметрам макрофитов представленной в таблице 3. Данная процедура выполнялась методом сводных показателей. Получаемый в результате свертки индекс –  $Q_i$  более точен, нежели оценочный балл ( $S_m$ ). Классы качества вод исследованных рек полученные при использовании описанного способа представлены в таблице 4.

Как и предполагалось, классы качества вод исследованных рек полученные методом сводных показателей полностью соответствуют выделенным при балльно-индексной оценке. Однако мы можем установить более тонкие различия между водотоками внутри каждого класса.

В настоящей работе впервые предпринята попытка применить Биологический индекс макрофитов – IBMR (Haury *et al.*, 2002), широко используемый в странах Европейского Союза, для оценки уровня содержания биогенов в водах малых рек Ленинградской области. Данная методика была выбрана вследствие того, что большинство видов макрофитов, встреченных на исследованных водотоках, включены в списки для определения IBMR. Результаты расчета индекса и выделенные уровни приведены в таблице 5.

Таблица 5

Значения биологического индекса макрофитов для рек (IBMR) и уровень содержания биогенов в водах исследованных рек

Водоток	IBMR	Уровень содержания биогенов
р. Охта (верх.)	5,8	Очень высокий
р. Петровка	8,3	
р. Песчаная	8,8	Высокий
р. Волочаевка	9,1	
р. Орлинка	9,1	
р. Селезневка	9,9	
р. Вьюн	10,0	
р. Оредеж	10,1	Средний
р. Морье	11,0	
р. Авлога	11,4	
р. Старый Оредеж	11,6	
р. Волчья	11,7	
р. Чулковка	12,1	Низкий
р. Черная	13,0	
руч. Нижний	17,9	Очень низкий

Самый высокий уровень содержания биогенных соединений, выявлен для верхнего течения исследованного участка реки Охта. Такой результат закономерен, как описано в Главе 3, этот водоток подвержен сильнейшему антропогенному давлению, в том числе очень высоки здесь концентрации биогенных элементов. Весьма низкий уровень отмечена для ручья Нижний, водотока очень малого и удаленного от населенных пунктов и сельско-

хозяйственных угодий. Для остальных водотоков индекс изменяется в диапазоне от 8,3 до 13,0. Причем уровень содержания биогенов в большинстве рек оценен как средний и высокий.

Расчет биологического индекса макрофитов для рек – IBMR, позволяющего определить уровень содержания биогенов в водотоке, показал возможность использования этой французской системы оценки в условиях Ленинградской области.

По результатам исследования проведена оценка экологического состояния водотоков при помощи метода сводных показателей. Критериями оценивания служили: рекогносцировочный индекс загрязнения вод (рИЗВ), индекс сапробности (S), биотический индекс Вудивисса (Vi), биологический индекс макрофитов рек (IBMR) и результат свертки информации о структурных параметрах макрофитов (Qi), однако вместо него также можно использовать итог балльно-индексной оценки вод (Sm).

Введены следующие градации экологического состояния: благополучное, удовлетворительное, неудовлетворительное, критическое.

Таблица 6

Оценка экологического состояния исследованных водотоков

Река	Экологическое состояние
Охта (ниж.)	Критическое
Охта (верх.) Авлога	Неудовлетворительное
Черная Селезневка Песчаная Морье Петровка Волочаевка	Удовлетворительное
Вьюн Чулковка	Благополучное

Состояние большинства исследованных рек оценивается как удовлетворительное (таблица 6). Как и ожидалось, самая низкая оценка получена для нижнего течения реки Охта. Ситуация в верхней части водотока не удовлетворительная, такая же оценка получена и для р. Авлога. Эти водотоки практически по всем исследованным параметрам проявили низкое качество среды.

Таким образом, нами предложен метод для оценки качества вод с помощью структурных параметров сообществ макрофитов. В его основу положено применение индексов Sm и Qi, которые включают в себя данные о видовом разнообразии всей флоры, видовом богатстве гидрофитов и суммарном обилии видов.

Нами выделены 4 класса качества вод по значениям этих параметров, к сожалению, "крайние" значения для очень чистых и чрезвычайно грязных вод в настоящем исследова-

нии выделить не удалось. Однако накопление информации о характеристиках макрофитов малых рек позволит в дальнейшем решить эту проблему.

Предложенная методика может использоваться не только на реках Ленинградской области и Санкт-Петербурга, но и на водотоках всего Северо-Западного региона. Однако предварительно необходимо провести уточнение характерных значений структурных параметров сообществ макрофитов используемых при расчете.

На основе всех исследованных характеристик можно оценить экологическое состояние большинства рек Ленинградской области как удовлетворительное. Однако, существуют реки состояние которых неудовлетворительное и критическое – это р. Авлога и р. Охта, выделяющиеся низким качеством среды по всем изученным характеристикам.

**Заключение.** Проведены исследования по оценке экологического состояния малых рек Ленинградской области и Санкт-Петербурга с использованием структурных характеристик сообществ макрофитов.

Флора малых водотоков Ленинградской области богата вследствие многообразия природных комплексов этого региона. Можно отметить, что флора характеризуется преобладанием околотовных макрофитов над водными. Причем между водотоками региона выявлено ее относительно невысокое сходство. С севера на юг в реках Ленинградской области возрастает видовое богатство и разнообразие водной флоры и гидрофитов. Однако, для рек Карельского перешейка свойственно наибольшее разнообразие околотовных растений.

Рассматриваемый регион неоднороден по степени антропогенной нагрузки, что отражается в содержании химических соединений в воде исследованных рек. Можно отметить, что сохранились малые водотоки, состояние которых в изученных створах сопоставимо с фоновым по целому ряду гидрохимических характеристик. Однако за последние 50 лет качество воды рек значительно ухудшилось.

В результате анализа всех изученных характеристик, нами предложены индексы для оценки качества вод с помощью структурных параметров сообществ макрофитов. Результаты оценки качества вод с помощью предложенных индексов хорошо согласуются с таковыми для стандартных гидробиологических методов, что позволяет нам говорить о достаточной надежности предложенной методики.

Разработанная методика может рекомендоваться к использованию в период максимальной вегетации водных растений в июле – августе. Ее можно применять не только на реках Ленинградской области и Санкт-Петербурга, но и на водотоках всего Северо-Запада. Однако предварительно необходимо провести уточнение используемых при расчете значений структурных параметров сообществ макрофитов характерных для данного региона.

Продемонстрирована возможность использования французской системы определения уровня содержания биогенов в водах рек в условиях Ленинградской области. Оценка

исследованных водотоков произведена с помощью биологического индекса макрофитов для рек.

Все исследованные характеристики положены в основу оценки экологического состояния исследованных рек Ленинградской области и Санкт-Петербурга. Полученная характеристика рек может служить отправной точкой для проведения экологического мониторинга. Это особенно важно в связи с прокладкой Северо-Европейского газопровода через исследованные водотоки и их водосборные площади.

#### **Основные выводы.**

На основании проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Флора исследованных малых водотоков Ленинградской области богата и насчитывает 150 видов макрофитов. Она характеризуется преобладанием околотовных макрофитов над водными. Причем сходство флор изученных водотоков относительно невысоко.

2. Растительный покров исследованных водных объектов слагают 28 формаций, представленных 52 ассоциациями. Эдификаторами сообществ гелофитов и гидрофитов наиболее часто были *Carex sp.*, *Phragmites australis*, *Scirpus sylvaticus*, *Glyceria fluitans*, *Nuphar lutea*, *Potamogeton sp.*, *Scirpus lacustris*.

3. Для водотоков, характеризующихся относительно высоким качеством среды, выявлен узкий диапазон числа видов растений, значений индекса видового разнообразия и суммарного обилия. Выявленные величины структурных характеристик можно считать нормой состояния малых рек Ленинградской области и Санкт-Петербурга.

4. Анализ гидрохимических параметров исследованных водотоков показал, что рассматриваемый регион неоднороден по степени антропогенной нагрузки. Реки Авлога и Черная признаны наиболее загрязненными малыми водотоками области из всех исследованных. Река города Санкт-Петербурга – Охта значительно отличается от водотоков области. Загрязнение ее весьма велико, причем прослеживается его возрастание по течению вместе с увеличением техногенной нагрузки на этот водоток.

5. Разработана методика для оценки качества вод с помощью структурных параметров сообществ макрофитов. Она основана на данных о видовом разнообразии всей флоры, видовом богатстве гидрофитов и суммарном обилии видов. Результаты оценки качества вод с ее помощью хорошо согласуются с таковыми для стандартных гидробиологических методов, что позволяет нам говорить о достаточной надежности предложенной методики.

6. Определение уровня содержания биогенов в водах исследованных рек с помощью биологического индекса макрофитов (IBMR) показало, что им в основном свойственен высокий и средний уровень.

7. Экологическое состояние большинства исследованных рек Ленинградской области удовлетворительное, а таких водотоков как р. Чулковка и р. Вьюн – благополучное. В

неудовлетворительном состоянии находится река Авлога. Состояние водотока Санкт-Петербурга – р. Охта, неудовлетворительное, а в нижней части его можно признать критическим.

**По теме диссертации опубликованы следующие работы.**

**Статьи:**

1. *Зуева Н.В., Гальцова В.В., Дмитриев В.В. и др.* Использование структурных характеристик сообществ макрофитов как индикатора экологического состояния малых рек Ленинградской области // Вестник СПбГУ. Геология, География, Сер. 7, вып. 4, 2007
2. *Агапова Н.В. (Зуева Н.В.)* Растительные сообщества малых рек Ленинградской области (структурные и функциональные характеристики). // Материалы 2 международной конференции "Актуальные вопросы экологии" (4-5 декабря 2003 г.). Ч.1. –Караганда, 2003. с. 234-237.
3. *Агапова Н.В. (Зуева Н.В.)* Сообщества макрофитов малых рек Северо-Запада: современное состояние как результат воздействия комплекса антропогенных факторов. // Материалы 4-ой республиканской молодежной научной конференции "Проблемы экологии городов" (15-17 декабря 2003 г.). –Ереван, 2003. с. 153-159.
4. *Агапова Н.В. (Зуева Н.В.)* Современное состояние водной растительности верховья реки Оредеж // Сборник трудов международной научной конференции "Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон" (15-17 октября 2002 г.). –СПб.: изд. РГГМУ, 2004. с. 69-73.

**Тезисы конференций:**

5. *Агапова Н.В. (Зуева Н.В.)* Современное состояние сообществ макрофитов верховья р. Оредеж, как результат воздействия ряда антропогенных и природных факторов // Материалы итоговой сессии ученого совета РГГМУ. –СПб.: изд. РГГМУ, 2003. с. 70-71.
6. *Агапова Н.В. (Зуева Н.В.)* Современное состояние сообществ макрофитов малых рек Ленинградской области, как результат воздействия ряда антропогенных и природных факторов // Материалы конференции "Экология и проблемы защиты окружающей среды". –Красноярск: изд. КрасГУ, 2003. с. 64-65.
7. *Агапова Н.В. (Зуева Н.В.)* Растительные сообщества малых рек Ленинградской области: современное состояние под антропогенным воздействием // Тезисы международной школы "Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменения окружающей среды" 15-20 сентября 2003 г. –Новороссийск, 2003. с. 47-48.
8. *Агапова Н.В. (Зуева Н.В.)* Структурные и функциональные характеристики макрофитных сообществ малых рек Ленинградской области. // Материалы итоговой сессии ученого совета РГГМУ. –СПб.: изд. РГГМУ, 2004. с. 100-101.
9. *Агапова Н.В. (Зуева Н.В.)* Современное состояние растительности малых рек Ленинградской области // Материалы VIII молодежной конференции ботаников в Санкт-Петербурге. –СПб. 2004. с. 154.
10. *Агапова Н.В. (Зуева Н.В.), Степанова А.Б.* Использование сообщества макрофитов для оценки экологического состояния малых рек Ленинградской области // Тезисы докладов 4-го Всероссийского гидрологического съезда, секция 4 "Экологическое состояние водных объектов. Качество вод и научные основы их охраны" (28 сентября – 1 октября 2004 г.). –СПб.: Гидрометеоздат, 2004. с. 217-219.
11. *Агапова Н.В. (Зуева Н.В.)* Сравнение структурных и функциональных показателей сообществ макрофитов двух малых рек Ленинградской области // Тезисы докладов II Всероссийской конференции "Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана" (16-19 ноября 2004 г.). –Борок, 2004. с. 5.

12. *Агапова Н.В. (Зуева Н.В.), Кошелева О.М.* Водные растительные сообщества р. Охты в нижнем течении // Материалы итоговой сессии ученого совета РГГМУ. –СПб.: изд. РГГМУ, 2005. с. 177-178.
13. *Агапова Н.В. (Зуева Н.В.), Гальцова В.В., Кулангиева Л.В.* Сообщества макрофитов малых рек как инструмент для оценки их экологического состояния // Тезисы международной научной конференции "Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон" (25-27 мая 2005 г.).–СПб.: изд. РГГМУ, 2005. с. 68.
14. *Гальцова В.В., Кулангиева Л.В., Агапова Н.В. (Зуева Н.В.) и др.* Оценка состояния реки Охта и Охтинского водохранилища на основе гидрохимических и гидробиологических методов // Тезисы международной научной конференции "Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон" (25-27 мая 2005 г.). –СПб.: изд. РГГМУ, 2005. с. 81-82.
15. *Агапова Н.В. (Зуева Н.В.), Гальцова В.В.* Сообщества макрофитов малых рек бассейна Финского залива как инструмент для оценки их экологического состояния // Сборник тезисов 6 Международного форума "День Балтийского моря" (21-23 марта 2005 г.). –СПб, 2005. с. 172.
16. *Agapova N. (Zuyeva N.), Galtsova V.* Macrophytes communities of small rivers of the Gulf of Finland drainage area as the tool for estimation of their ecological state // Сборник тезисов 6-го Международного форума "День Балтийского моря". –СПб, 2005. с. 173.
17. *Agapova N. (Zuyeva N.), Galtsova V., Kulangieva L.* Structure of water plant communities as friendly tool for estimation of ecological state of water bodies // Book of abstract. 3rd Symposium "Quality and Manegement of Water Resources" (St.Petersburg, Russia, June 16-18, 2005). –SPb, 2005. pp. 11-12.
18. *Агапова Н.В. (Зуева Н.В.), Кошелева О.М.* Использование сообщества макрофитов при оценке экологического состояния р. Охта и Охтинского водохранилища // Материалы итоговой сессии ученого совета РГГМУ. –СПб.: изд. РГГМУ, 2006. с. 96-97.
19. *Зуева Н.В.* Видовое разнообразие сообществ макрофитов малых рек Ленинградской области и г. Санкт-Петербурга // Тезисы докладов 9 съезда гидробиологического общества РАН. Т. 1. –Тольятти, 2006. с. 182.
20. *Зуева Н.В.* Сообщества макрофитов как индикатор состояния экосистем малых рек Ленинградской области // Тезисы докладов международной конференции "Биоиндикация в экологическом мониторинге пресноводных экосистем" (23-27 октября 2006). –СПб, 2006. с. 61-62.
21. *Зуева Н.В.* Видовое разнообразие сообществ макрофитов малых рек Ленинградской области // Тезисы международной научной конференции "Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон" (25-27 октября 2006 г.). –СПб., 2006. с. 97-98.