

Академия наук Латвии  
Институт биологии

На правах рукописи

СПРИНЬЕ Гунта Харальдовна

СТРУКТУРНО - ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ  
БАКТЕРИОВЕНТОСА МАЛЫХ РЕК ЛАТВИИ

03.00.18 - гидробиология

Диссертация  
на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Научный руководитель  
доктор биологических наук  
ГАК Д.З.

Рига - 1990 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	6
Глава I. Материал и методика исследований .....	10
I.1. Теоретическая обоснованность и принципы выбора биотопов.....	10
I.2. Район и время исследований, объем иссле- дованного материала.....	11
I.3. Микробиологический анализ воды и донных отложений .....	13
I.3.1. Отбор проб и донных отложений и воды	
I.3.2. Определение общей численности микроор- ганизмов .....	14
I.3.2.1. Водная толща .....	14
I.3.2.2. Донные отложения .....	15
I.3.3. Определение численности гетеротрофных ( сапрофитных, олигокарбофильных и гнилостных ) бактерий .....	16
I.3.4. Определение темновой ассимиляции $C^{14}O_2$ в донных отложениях .....	17
I.4. Измерение температуры, pH, $d_n$ , и расчет $rN_2$ в донных отложениях .....	17
I.5. Определение гидрохимических и гидрологи- ческих показателей, и степени зарастания биотопа .....	18
I.6. Математическая обработка материала .....	19

<b>Глава 2. Географическая и физико-химическая характеристика малых рек Латвии и их биотопов .....</b>	<b>20</b>
2.1. Особенности малых рек .....	20
2.2. Характеристика рек различных физикогеографических районов Латвии .....	23
2.2.1. Латгальская возвышенность .....	23
2.2.2. Земгалвская равнина .....	25
2.2.3. Видземское побережье .....	26
2.2.4. Северо-Западное Видземское поднятие .....	28
2.2.4.1. Притоки реки Салаца .....	28
2.2.4.2. Реки, впадающие в оз. Буртниеку .....	30
2.2.5. Среднелатвийская покатость и Гауява .....	31
2.3. Гидрологическая и физико-химическая характеристика биотопов .....	32
2.3.1. Скорость течения и расход воды .....	32
2.3.2. Температурный режим .....	34
2.3.3. Значения pH донных отложений .....	34
2.3.4. Окислительно-восстановительные условия ...	35
2.3.5. Концентрация органических веществ и фосфора	39
<b>Глава 3. Микробиологическая характеристика донных отложений разных типов .....</b>	<b>42</b>
3.1. Микробиологическая изученность малых рек ...	42
3.2. Связь бактериобентоса с бактериопланктоном .	43
3.3. Общая численность бактериобентоса .....	48
3.3.1. Поверхностные слои .....	51
3.3.2. Глубинные слои, связь между общей численностью бактериобентоса поверхностных и глубинных слоев .....	52

3.4. Гетеротрофные бактерии .....	56
3.4.1. Сапротитные бактерии .....	57
3.4.1.1. Поверхностные слои .....	57
3.4.1.2. Глубинные слои .....	58
3.4.2. Олигокарбофильные бактерии .....	60
3.4.2.1. Поверхностные слои .....	61
3.4.2.2. Глубинные слои .....	63
3.4.3. Гнилостные бактерии .....	63
3.4.3.1. Поверхностные слои .....	64
3.4.3.2. Глубинные слои .....	66
3.5. Темновая ассимиляция $C^{14}O_2$ как показатель гетеротрофной активности микроорганизмов ..	67
Глава 4. Связь бактериобентоса с факторами внешней среды	73
4.1. Влияние основных гидрологических факторов на развитие бактериобентоса .....	73
4.1.1. Связь бактериобентоса поверхностных слоев донных отложений со скоростью течения воды	74
4.1.2. Связь бактериобентоса поверхностных слоев донных отложений с расходом воды .....	76
4.2. Влияние температурных условий на развитие бактериобентоса .....	79
4.3. Взаимосвязь бактериобентоса и pH .....	84
4.4. Взаимосвязь бактериобентоса и окислительно- восстановительного потенциала $E_h$ и $rH_2$	88
4.4.1. Взаимосвязь бактериобентоса и $E_h$ .....	88
4.4.2. Взаимосвязь бактериобентоса и индекса $rH_2$	92
4.5. Роль органических веществ в развитии бактериобентоса .....	97
4.6. Степень зарастания водотоков и ее связь с бактериобентосом .....	102

Глава 5. Структура бактериобентоса в условиях нарастающего антропогенного воздействия .....	I04
5.1. Соотношения между гетеротрофными бактериями и общей численностью бактериобентоса .....	I04
5.1.1. Соотношение сапрофитных бактерий и общей численности бактериобентоса .....	I04
5.1.2. Соотношение олигокарбофильных бактерий и общей численности бактериобентоса .....	III
5.1.3. Соотношение гнилостных бактерий и общей численности бактериобентоса .....	II4
5.2. Соотношения между группами гетеротрофных бактерий .....	II8
5.2.1. Соотношение олигокарбофильных и сапрофитных бактерий .....	II8
5.2.2. Соотношение сапрофитных и гнилостных бактерий .....	I22
Глава 6. Микробиологическая характеристика донных отложений как критерий оценки уровня загрязнения .....	I27
6.1. Фоновые природные биотопы .....	I27
6.2. Умеренно загрязненные биотопы .....	I29
6.3. Сильно загрязненные биотопы .....	I31
Заключение .....	I34
Выводы .....	I35
Список литературы .....	I38
Приложения	

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. В условиях интенсивного развития народного хозяйства и увеличения антропогенной нагрузки на природные объекты особую актуальность приобретает оценка состояния экосистем, в том числе и водных, без которой невозможно научно обоснованное управление окружающей средой и рациональное использование биологических ресурсов.

В Советском Союзе накоплен обширный материал по изучению водных микроорганизмов лентических систем, однако относительно мало исследованы реки, что обусловлено спецификой лентических систем, связанной с известной вариабельностью физико-химических и биологических параметров. В то же время именно исследования речных экосистем в настоящий момент являются актуальными, ибо реки представляют собой важную составляющую часть водных ресурсов. Практически весь сток крупных и средних рек используется в народном хозяйстве, поэтому сейчас разрабатываются проекты вовлечения в этот процесс и малых рек, которые дают 80 % стока пресных вод освоенных территорий СССР. В Латвии малые реки (длиной до 100 км и водосборной площадью до 1000 км<sup>2</sup>) дают примерно 50 % общего стока.

Малые реки – благоприятные объекты мониторинга окружающей среды, чрезвычайно быстро реагирующие на количественные и качественные изменения стока с водосбора.

Особую роль в системе функционирования лентических систем играют микроорганизмы, так как они исключительно пластичны к изменению параметров внешней среды и являются одним из главных звеньев в процессах деструкции. Микробиологические процессы в донных отложениях имеют большую стабильность по сравнению с

водной средой, и исследования бактериобентоса более достоверно отражают состояние водных объектов, однако изучения бентических микробиоценозов малых рек Латвии до сих пор практически не проводился.

Цель и задачи исследования. Целью работы являлось изучение бактериобентоса малых рек Латвии с учетом определенных географических условий и физико-химических показателей в условиях нарастающего антропогенного воздействия. В связи с этим были поставлены следующие задачи: 1) изучение микробиоценозов различных типов донных отложений; 2) установление связи между микробиологическими показателями и физико-химическими параметрами среды обитания; 3) изучение влияния антропогенных факторов на структуру микробиоценозов донных отложений; 4) разработка критериев оценки состояния загрязнения по микробиологическим показателям донных отложений.

Научная новизна. Впервые изучены сообщества микроорганизмов 48 малых рек Латвии, в особенности бактериобентоса разнотипных донных отложений в пограничном слое "вода - донные отложения" (1 - 3 мм) и в слоях на глубине 5 - 10 см, что позволило получить оригинальные данные для малых рек Советского Союза и всего мира.

Впервые математически доказана связь бактериобентоса с бактериопланктоном и с факторами внешней среды.

Анализ структуры бактериобентоса использован для оценки функционирования микробиоценозов.

Теоретическое и практическое значение. Исследования позволили выявить роль экологических факторов (гидрологических и физико-химических) в развитии бактериобентоса и отдельных его структурных элементов (групп гетеротрофных бактерий).

Разработаны критерии оценки загрязнения донных отложений

по их микробиологическим показателям, главным образом по изменению структуры, применимые к реальным условиям малых рек Латвии для установления их экологического состояния.

Данный подход может быть интерполирован в водоемах разного типа при рассмотрении качественных и количественных характеристик бактериобентоса.

Реализация результатов исследований. Исследования микробиоценозов донных отложений являются частью комплексного гидробиологического изучения малых рек Латвии ( тема № 0186022849 " Отработка и усовершенствование методов фонового мониторинга " ). Результаты исследований использованы при создании Кадастра малых рек Латвии на основе комплексного изучения структуры и функционирования биоценозов ( лаборатория гидробиологии Института биологии АН Латвии ) и разработки схемы комплексного использования водотоков бассейнов рек Лиелупе и Салаца ( НИИ " Мелиорпроект ", Рига ). Проведенные исследования отмечены на ВДНХ СССР в 1988 году ( экспозиция " Экология и охрана природы ", свидетельство № 55 участника ВДНХ СССР за 1988 г. ). Разработанные методы вошли в проект № I4 программы " Человек и биосфера " (МАН) в разделе " Изучение загрязнения окружающей природной среды и его влияния на биосферу ".

Апробация работы. Основные результаты работы доложены на Всесоюзном научном совещании " Структура и функционирование сообществ водных микроорганизмов " ( Лиственничное-на-Байкале, 1984 ), VII конференции молодых ученых - биологов Института биологии АН Латв.ССР ( Рига, 1987 ), XXII научной конференции по изучению водоемов Прибалтики ( Клайпеда 1987 ).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 10 работ, из них 5 в соавторстве и 1 работа находится в печати.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 164



страницах, состоит из введения, 6 глав, заключения, выводов, списка литературы, включающего 234 наименований, из них 102 на иностранных языках, содержит 26 таблиц, 8 рисунков и 23 приложения.

## Глава I. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

### I. I. Теоретическая обоснованность и принципы выбора биотопов

В лотической системе на развитие биоценоза влияет целый ряд физических, химических и биотических факторов (Hynes, 1970; Pennak, 1971; Friberg et al., 1977; Fergusone, 1979; Stutzner, 1981; Rimes, Goulder, 1986; Goulder, 1988; et al.).

Различия между речными экосистемами по доступности пищевых веществ и структуре местообитания сильно влияют на структуру и функционирование речных сообществ (Hynes, 1970; Vannote et al., 1980; Hawkins et al., 1982), но в физикографически сходных биотопах (течение, температура,  $O_2$  и т.д.) существуют изопенотические закономерности (Huet, 1949; Illies, 1961).

Развитие донных ценозов в малых водотоках определяется, в первую очередь, характером донных отложений (Pitwell, 1975; Thorup, Lindegaard, 1977; Bott, Kaplan, 1985). Образование и состав поверхностного слоя грунтов зависит от многих факторов, таких как геологическое строение и скорость течения рек (Hawkes, 1975; Hawkins et al., 1982), типом почв (Алябина, 1988; Likens, 1984), степенью окультуренности водосборной площади (Hawkes, 1975; Karr, Schlosser, 1978; Jackson, Patterson, 1982; Kauffman et al., 1983). Физико-химические и биологические данные донных отложений отражают всю совокупность процессов, происходящих в водоемах, поэтому изучение микробиоценоза донных отложений служит для сравнительной характеристики различных водоемов (Дзюбан, Тимакова, 1986).

Поэтому в настоящей работе при выделении биотопов мы руководствовались характером донных отложений. Биотоп может охваты-

вать участок длиной в несколько километров в более однородных реках или несколько десятков метров в реках с сильно выраженным меандрированием.

Уровень антропогенной нагрузки определяли степенью землеиспользования и наличием хозяйственных объектов ( ферм, населенных пунктов и т.д. ) на водосборе рек и согласовывали с величиной БПК<sub>5</sub> в воде ( в фоновых условиях БПК<sub>5</sub> 2,9 мг O<sub>2</sub>/л , при умеренной антропогенной нагрузке - от 3,0 до 7,0 мг O<sub>2</sub>/л , при сильной антропогенной нагрузке - 7,0 мг O<sub>2</sub>/л ). Вследствие этого, биотопы, сходные по типу грунта, разделяли : 1) условно нетронутые или фоновые; 2) подверженные умеренному воздействию; 3) подверженные сильному антропогенному воздействию ( прилож.2 ). В каждой реке исследовали 3 - 4 биотопа, в отдельных случаях рассматривали только устьевой участок реки.

## 1.2. Район и время исследований, объем исследованного материала

Выбор исследованных рек основан на репрезентативности реки для данной территории как по физикогеографическим показателям, так и по уровню антропогенного воздействия.

Пробы для микробиологического и химического анализа отбирали с 1981 по 1984 г. в 98 биотопах 48 малых рек различных географических районов Латвии ( рис. 1, прилож. 1, 2 ).

Материал собирали в летнюю межень (июль-август). Для сравнения сезонной динамики пробы отбирали осенью (октябрь-ноябрь 1981-84 гг.), зимой в период устойчивого ледового покрова (март, 1984 г.) и весной (апрель-май 1982-1984 гг.).

В целом за время исследований было собрано и обработано 300 проб донных отложений и 100 проб воды.

# ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ СХЕМА ЛАТВИЙСКОЙ ССР

(ВОДОСТОКИ С ВЫДЕЛЕННЫМИ ПРИБРЕЖНЫМИ ВОДООХРАНИТЕЛЬНЫМИ ПОЛОСАМИ - ПВП)



- ОБОЗНАЧЕНИЯ**
- Города районного или республиканского подчинения
  - Прочие города
  - Озера с площадью водн. зеркала > 200 га
  - Водоохранные участки бассейнов рек и р.
  - 1 р. Великая
  - 2 р. Суур-Омаяги
  - 3 р. Салаца
  - 4 р. Гауя
  - 4-1 от истока до в/п Сигудда
  - 4-2 от в/п Сигудда до устья
  - 5 р. Даугава
  - 5-1 от границы ЭССР до в/п Даугавпилс
  - 5-2 от в/п Даугавпилс до р. Айвиеkste
  - 5-3 р. Айвиеkste
  - 5-4 от р. Айвиеkste до Рижской ГЭС
  - 5-5 от Рижской ГЭС до устья
  - 6 р. Диедуле
  - 6-1 от истока до р. Иецана
  - 6-2 р. Иецана
  - 6-3 от р. Иецана до устья
  - 7 р. Вента
  - 8 р. Барта
  - 9 р. Неман
  - 10 побережье Балтийского моря

- ПРОЧЕЕ ВОДОТОКИ С ВЫДЕЛЕННЫМИ ПВП**
1. Зушупите
  2. Гате
  3. Иещлопене
  4. Слунупе
  5. перекос Веражи-в стадии стр.
  6. Беца Лудинупе
  7. дзирнупите
  8. кан. Лилупе-Рейчнупе
  9. Лиласте
  10. Иунупе
  11. Кан. Гаул-Балтэзерс
  12. майзите
  13. дзирнаупите
  14. сауса Даугава
  15. проток Шалгравис
  16. кан. Балтэзерс-Изда
  17. Березовка
  18. Стаука
  19. Иугурупе
  20. Городской канал
  21. Велна гравис
  22. Кан. Халака
  23. Титурга
  24. Сама

Общая численность микроорганизмов была определена в 296 пробах грунтов и 94 пробах воды, численность сапрофитных бактерий - в 306 и 133 пробах, олигокарбофильных бактерий - в 300 и 134 пробах, гнилостных бактерий - в 251 пробе и 113 пробах воды и грунтов соответственно.

Кроме того, в 103 пробах донных отложений измеряли температуру ( $^{\circ}\text{C}$ ), в 212 пробах - pH, в 206 пробах - Eh (мВ) в 190 пробах - рассчитывали  $\text{pH}_2$ .

Темновая ассимиляция микроорганизмов ( $\text{мкг C/кг в сут}$ ) определялась в 82 пробах грунтов.

В 179 пробах донных отложений изучали количество органического вещества ( % ), в 35 пробах - количество общего фосфора -  $\text{P}_{\text{общ.}}$  ( % ) (данные группы гидрохимии лаборатории гидробиологии Института биологии АН ЛатвССР).

### 1.3. Микробиологический анализ воды и донных отложений

#### 1.3.1. Отбор проб донных отложений

##### и воды

Пробы донных отложений при глубине более 1,5 м отбирали при помощи микробентометра МБ-ТБ и поршневых трубок из плексигласа диаметром 3,5 см. В трубках имеется ряд отверстий, завинчиваемых шурупами диаметром 2-3 мм, через которые в колонке донных отложений измеряли окислительно-восстановительный потенциал (Eh).

После отбора проб воду выше колонки грунта тщательно отсасывали, чтобы не нарушить естественную текстуру грунта. Пограничный слой "вода-донные отложения" толщиной 1 - 3 мм. мм тщательно отбирали при помощи стерильного скальпеля или в случае более жидких донных отложений (типа ила) - стерильной пипеткой. Затем 1 г отобранного материала взвешивали, используя стерильные

бумажки и аптечные весы.

Образцы более глубоких слоев (5-10 см) грунта отбирали, используя поршень, при помощи которого колонку грунта осторожно проталкивали к противоположному концу трубки до слоя определенной глубины от поверхности колонки (расстояние измеряли при помощи линейки).

Пробы воды отбирали прибором для взятия проб воды стерильной склянкой емкостью 0,25 л.

Микробиологические анализы воды и донных отложений проводили в течение первых 2 часов после отбора.

### 1.3.2. Определение общей численности микроорганизмов

#### 1.3.2.1. Водная толща

Общее количество микроорганизмов в воде определяли методом прямого счета, разработанным Разумовым (1932). Ультрафильтрацию воды в объеме 2 мл проводили через мембранные фильтры № 6 фирмы "Синпор" (диаметром пор 0,23 мкм) в стерильных условиях. Диаметр бактерий в пресных водах и в седиментах в среднем составляет 0,3-0,7 мкм; при диаметре пор фильтра 0,2 мкм на фильтре остается 99% бактерий (Hobbie et al., 1977). После фильтрации фильтры окрашивали 5% раствором эритрозина в 5% карболовой воде. Микроорганизмы подсчитывали под микроскопом "Ergaval" (окуляры 10 и объектив 100) при помощи окулярного сетчатого микрометра в 20 полях зрения, так как установлено, что подсчет 10-20 полей зрения дает достаточно достоверные результаты (Новожилова, 1959).

Количество микробов определяли по формуле

$$x = \frac{S \cdot N}{s \cdot V}$$

где  $S$  - фильтрующая площадь прибора (мк<sup>2</sup>);  $s$  - просчитываемая

мая площадь поля зрения ( $\text{мк}^2$ );  $n$  - среднее число микробных клеток, приходящихся на поле зрения;  $v$  - объем профильтрованной воды. Отношение  $\frac{S}{s}$  при работе с одним и тем же увеличением одного микроскопа и при использовании одного и того же фильтровального аппарата является постоянной величиной - коэффициентом  $K$ . В нашем случае  $K = 1766250$ ,  $x = \frac{1766250 \cdot n}{v}$

### 1.3.2.2. Донные отложения

Учет микроорганизмов в донных отложениях осуществляли методом прямого счета. Для этого в стерильную колбочку отвеливали 1 г отобранного материала, заливали его 25 мл 0,004 н. раствора  $\text{NaOH}$ , предварительно профильтрованного через мембранный фильтр. Мы руководствовались тем, что подщелачивание воды способствует отмыванию бактериальных тел от частичек детрита (Акимов, 1975), хотя есть мнение (Инкина, 1978), что подщелачивание не дает значительных результатов и основное влияние на наиболее полное отмывание имеет механическая обработка проб. Колбочку закрывали пробкой и встряхивали в течение 20 мин. После этого оставляли болтушку грунта в спокойном состоянии 1 минуту для осаждения грубых частиц.

Далее суспензию болтушки использовали для посевов и ультрафильтрации. Ультрафильтрацию и дальнейшую обработку мембранных фильтров проводили таким же путем, что и при прямом счете микроорганизмов в воде.

Подсчет общего числа микроорганизмов в донных отложениях проводили по формуле

$$x = \frac{1766250 \cdot n \cdot 25}{v}$$

### 1.3.3. Определение численности гетеротрофных (сапрофитных, олигокарбофильных и гнилостных) бактерий

Численность гетеротрофных микроорганизмов - типичных сапрофитов - определяли на рыбо-пептонном агаре, в состав которого входят гидролизат рыбы и агар-агар, рН среды 7,2-7,4.

Для посевов брали материал в объеме 0,1 мл; использовали глубинный метод посева (по: Романенко, Кузнецов, 1974).

Чашки инкубировали при температуре 20-23°C в течение 48 часов, после чего просчитывали выросшие колонии, число которых пересчитывали на 1 мл водных проб и 1 г сырого грунта.

Среда, предложенная В.А.Горбенко (1961), дает возможность определить олигокарбофильные гетеротрофные микроорганизмы, которые более чем сапрофиты характерны для водной среды, бедной органическими веществами.

Подсчет выросших колоний проводили через 7 дней, инкубируя чашки при температуре 20-23°C.

Гнилостные бактерии, разлагающие белковые вещества в анаэробных условиях с выделением сероводорода, определяли на среде Бейеринка, используя метод глубинного посева и складывая чашки по методу Штурм (по: Романенко, Кузнецов, 1974). Края чашек заливали стерильным парафином и инкубировали 10 дней при температуре 20-23°C.

Просчитывали колонии, вокруг которых замечали побурение или почернение за счет образования сернистого свинца.



### 1.3.4. Определение темновой ассимиляции $\text{CO}_2$

#### в донных отложениях

Метод определения темновой ассимиляции  $\text{CO}_2$  базируется на использовании радиоактивного углерода в составе  $\text{K}_2\text{HNC}^{14}\text{O}_3$  микроорганизмами. Для установления величин темновой ассимиляции мы пользовались методикой, описанной в лабораторном руководстве (Романенко, Кузнецов, 1974).

Темновая ассимиляция была определена в летнюю межень 1982 и 1983 гг. в поверхностных и глубинных слоях (на расстоянии 5-10 см от пограничного слоя) седимента в 34 разнотипных биотопах 14 притоков реки Салаца (Северная Латвия). В начале сентября 1983 года исследовали также 4 реки Приморской низменности, впадающие непосредственно в Рижский залив.

### 1.4. Измерение температуры, pH, $E_h$ и расчет $\text{rH}_2$ в донных отложениях

При глубине рек до 1,0 м измерения температуры поверхностных слоев донных отложений проводили непосредственно в самом водотоке. При глубине свыше 1,0 м и низкой температуре воды пробы отбирали при помощи стратометра, и температуру измеряли непосредственно в колонке сразу после изъятия грунта из аппарата.

Для определения pH донные отложения из определенного слоя помещали в стеклянный сосуд, добавляли дистиллированную воду (pH = 7,00) и перемешивали стеклянной лалочкой для получения суспензии. Измерения pH проводили электромеханическим методом при помощи универсального ионометра ЭВ-74.

Для измерения  $E_h$  монолит грунта отбирали в плексигласовую трубку с отверстиями, закрытыми шурупами. Шурупы вывинчивали, на их место вставляли платиновые электроды, хлор-серебряный

электрод помещали в верхнее отверстие до соприкосновения с седиментом.

Результаты измерения были считаны с табло универсального нонмера ЭВ-74.

Поправка для перехода от показаний платинового электрода к нормальному водородному электроду в нашем случае равнялась + 214 мВ (установлена при калибровке электродов).

$E_h$  зависит как от концентрации молекулярного водорода, так и от концентрации его ионов. Вследствие этого  $E_h$  сам по себе еще не характеризует окислительно-восстановительные условия среды.

Индекс  $rH_2$  характеризует степень аэробности среды, что зачастую связано с изменением типа обмена веществ. Для получения величины  $rH_2$  определяли  $E_h$  и  $pH$ , далее рассчитывали по формуле

$$rH_2 = \frac{E_h}{0,029} + 2 pH$$

#### 1.5. Определение гидрохимических и гидрологических показателей и степени зарастания биотопа

В работе использовались химические и гидрологические данные отчетов лаборатории гидробиологии Института биологии АН ЛатвССР (Отчет по научно-исследовательским темам..., 1982, 1983, 1984, 1985).

Химический анализ воды был проведен согласно методике, общепринятой в гидробиологической практике (Алекин и др., 1973).

Концентрации органических веществ и общего фосфора были установлены по методике, разработанной для изучения почв

(Methods of Soil analysis, 1982).

Гидрологические данные - скорость течения и расход воды,

получены согласно методике, разработанной для постов Гидрометслужбы СССР (Лучева, 1972).

Степень зарастания - т.е. площадь горизонтальных проекций растений на поверхности грунта (дна) в процентах пробной площади (которая принимается за 100%) определялась нами на глаз (Ярошенко, 1961).

### 1.6. Математическая обработка материала

Математическую обработку материала проводили согласно общепринятым методам биометрии (Ліера, 1974). Нами были рассчитаны средние арифметические величины химических, микробиологических и физикографических данных и стандартные отклонения (средние квадратичные отклонения) как показатель рассеяния данных. Кроме того, нами были рассмотрены парные корреляции и рассчитаны коэффициенты корреляции  $r$ , а также установлена их доверительность по таблице критических значений коэффициентов корреляции  $r_{\alpha; n}$ , учитывая уровень существенности  $\alpha$  при выборке  $n$ .

Материал был обработан на ЭВМ "Электроника БЗ-34" по программе, разработанной старшим научным сотрудником Института биологии АН Латвии Р.Мелецисом.

## Глава 2. ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАЛЫХ РЕК ЛАТВИИ И ИХ БИОТОПОВ

### 2.1. Особенности малых рек

В СССР 80% стока пресных вод освоенных территорий дают малые реки (Мережко, 1987). Малыми считаются реки с водосбором менее 2000 км<sup>2</sup>, или длиной, не превышающей 100 км (ГОСТ 19179-78, 1978). Наряду с количественной характеристикой малых рек указывается, что малой является река, бассейн которой располагается в одной географической зоне. Понятие "малые реки" во многом зависит от конкретных природных и социально-экономических условий (Вендров и др., 1981), а их исследования всегда должны проводиться согласно региональному аспекту (Андрушайтис и др., 1982а, б; Вельнер и др., 1982; Верниченко, 1984; Мережко, 1985; Цимдинь и др., 1985; Arnitage et al., 1983; Tolkmær, 1985).

Речные системы являются открытыми системами, испытывающими воздействия с водосбора даже при отсутствии антропогенных факторов. Метаболизм реки почти на 50% зависит от привнесенных с водосбора веществ и функционирование никележащих участков происходит с участием продуктов метаболизма вышележащих участков (Uhlmann, 1982). Экосистемы континентальных вод многими связями объединяются с окружающими их участками суши - в первую очередь, с территорией водосбора, образуя экосистему высшего порядка интеграции (Винберг, 1988).

Лотические системы более чувствительны к изменению стока, чем лентические водоемы, и дают быстрый ответ по сравнению с последними (Hawkes, 1975). Лотические системы в виде малых рек

зависят главным образом от поступления адлохтонного стока (Kaushik, Hynes, 1971; Hawkes, 1975; Iversen, Madsen, 1977).

Качество стока обусловлено такими факторами, как характер площади водосбора и ее природные особенности - естественная плодородность, структура почв, зональное распределение осадков и др. (Kudeyarov et al., 1981). Частицы почвы являются главными транспортирующими средствами многих химических веществ, поступающих в воду: более 90% органического азота и фосфора, поступающих с сельскохозяйдий в реки, адсорбировано на частицах почвы (Wilkin, Nebel, 1982).

В основном поступление почвенных частиц в реки и качество воды стока зависят от способа хозяйственного использования площади водосбора, определяющего уровень эрозии (Зайцева, 1981). Наиболее выражена эрозия злаковых полей в зоне паводков (Jackson, Patterson, 1982). На величину эрозии влияет, помимо того, спрямление русел рек, строение путей сообщения и урбанизация, которые затрагивают естественные связи между наземными и водными экосистемами (Likens, 1984). Морфологию русла изменяет также выпас скота на берегах реки, приводящий к заилению (Kauffman et al., 1983). При эрозии на водосборе реки происходит увеличение в воде и донных отложениях таких элементов, как азот, фосфор и калий (Кузнецов, Назаров, 1982; Лоигу, 1985; Kudeyarov, Bashkin, 1980; Kudeyarov et al., 1981; Wilkin, Nebel, 1982; Starzecka, 1985; Burt et al., 1988; Starzecka et al., 1988). Их поступление в реку задерживается зоной кустарников или деревьями (Kauffman et al., 1983). Так, в условиях Латвии кустарниковая зона шириной 7-10 м снижает поступление фосфора в водоем на 75-80 % (Цимдинь, 1989). Наиболее выраженный эффект на уменьшение эрозии и стока с водо-

сборной площади имеют лесные насаждения на берегах реки (Kudayarov, Bashkin, 1980; Wilkin, Nebel, 1982; Likens, 1984), которые указывают благоприятное влияние на бактериологические свойства воды рек (Решеткова, 1976, 1978; Воронков, 1981; Starzecka, Treha, 1982; Sedell, Frogatt, 1984; Starzecka, 1985).

Однако в наши дни даже в условиях лесной экологической подсистемы утратило смысл понятие "естественное состояние" и можно судить лишь об уровне фонового загрязнения (Стравинская, 1988). Влияние человека на лотическую экосистему в биотическом аспекте выражается в: 1) органическом загрязнении, которое проявляется в приросте сапробитных микроорганизмов и расширении гетеротрофного биоценоза; 2) евтрофикации, связанной с увеличением содержания питательных веществ (главным образом органических форм азота и фосфора) в воде и разрушающим балансом в пользу автотрофных продуцирующих компонентов (Nawkes, 1975).

В условиях Латвии водосборы рек в среднем на 50% затронуты сельскохозяйственной деятельностью (в том числе пашни занимают 30-50% водосбора) (Цимдинь, 1989). При этом в почвах в целом создались благоприятные условия для вымывания биогенных элементов (Гиньис, Рамане, 1978).

Типологическим особенностям малых рек Латвии, связанным со структурой и функционированием биоценозов, а также с их физикографической характеристикой, посвящен ряд работ (Глазачева, 1976; Гидробиологический режим малых рек..., 1981; Андрушайтис и др., 1982, 1983; Цимдинь и др., 1983; Зандмане, 1984; Цимдинь и др., 1985; Лиела и др., 1987; Родинов, 1987; Цимдинь, 1987, 1989).

В строении речной сети Балтийского моря отчетливо прослеживаются черты молодости; русла многих рек сопровождаются перека-

тами, долины их слабо выработаны, на водосборах много озер. Климат рассматриваемого района непосредственно зависит от влияния моря и циркуляции атлантических воздушных масс (Эберхард, 1972; Морфоструктурный анализ речной сети СССР, 1979).

Холмистый моренный рельеф, влажный климат, а также геологическое строение создали в Латвии благоприятные условия для образования обширной речной сети, которая характеризуется небольшим числом больших рек (длиной 100 км - 17 рек) и большим числом малых рек (94% от общего числа составляют реки, длина которых меньше 10 км) (Latvijas Padomju Enciklopēdija, 1984).

## 2.2. Характеристика рек разных физико-географических районов Латвии

Исследованные нами реки находятся в различных территориальных природных или географических комплексах и имеют характерную структуру географических компонентов (рис. 1, прилож. 1).

Географическая характеристика рек названных районов базируется на данных Пасторса (1986), химический анализ воды - на данных группы гидрохимии лаборатории гидробиологии Института биологии АН ЛатвССР (Отчет по научно-исследовательским темам..., 1982, 1983, 1984, 1985).

### 2.2.1. Латгальская возвышенность

Латгальская возвышенность расположена в восточной части республики и покрыта поясами конечной морены. Большинство рек имеют связь с озерами. Латгальская возвышенность по числу озер занимает первое место в республике - 3,8%, т.е. в 2,5 раза больше, чем в среднем по республике.

На Латгальской возвышенности преобладают средне-подзолистые

эродированные почвы, в значительной степени затронутые деятельностью человека.

К рекам Латгальской возвышенности относятся исследованные нами Истра, Исталсна (реки бассейна р. Великая), Асуница, Индра, Яша, Тартакс, Рушонница, Ликсна (реки бассейна р. Даугава) (рис. 1, прилож. 1). Падение рек различается на различных участках, и хотя реки берут начало на возвышенности, не особенно велико: в нижнем течении - меньше 1 м/км, в среднем и верхнем - 2-4 м/км. Большинство рек имели скорость течения выше 0,1 м/с, за исключением р. Рушонница (прилож. 2).

Физико-химические данные малых рек Латгальской возвышенности (Отчет..., 1982) показали, что вода рек имеет среднюю минерализацию (315,0-435,0 мг/л), а в ионном составе преобладают гидрокарбонаты кальция и магния. Температура воды в летнюю межень в реках Латгальской возвышенности колебалась в пределах 17,2-20,6°C. Значения pH - 6,89-7,93, при этом pH ниже в заболоченных участках рек, где донные отложения представлены торфом (рр. Рушонница, Яша). Кислородный режим исследованных рек является благоприятным - количество растворенного кислорода превышает 6 мг/л, БПК<sub>5</sub> низкое. Исключением являются реки Рушонница и Ликсна, что свидетельствует о загрязнении этих рек легкоокисляемыми органическими веществами. Окисляемость и цветность воды повышены в реках Ликсна, Рушонница, Исталсна, Индра, Асуница, Яша в связи с заболоченностью водосборной площади. Концентрация биогенных элементов в реках низкая, увеличение наблюдается при возрастании антропогенного воздействия в водосборном бассейне (рр. Ликсна, Исталсна, Истра). По химическим показателям "чистыми" являются реки Индра и Яша. Остальные реки загрязнены, особенно река Ликсна, на водосборной площади которой расположены интенсивно обрабатываемые пахотные земли.



Донные отложения малых рек Латгалии разнообразны. Богаты органическими веществами торфянистые (60-80%) и илистые (до 60%) донные отложения. Гравий и песок бедны органическими веществами (0,44-2,75%) (прилож. 3).

### 2.2.2. Земгальская равнина

Земгальская равнина характеризуется <sup>слабо</sup> выраженным рельефом. Холмистой является лишь верхняя часть бассейнов Берзе и Ауце. Земгальская равнина - единственное место в Латвии, где доминируют дерново-карбонатные почвы, которые интенсивно используются в сельском хозяйстве. Свыше 50% из общих ресурсов окультуренных земель мелиорировано.

Для Земгальской равнины характерна радиальная густая речная сеть - 809 м/км<sup>2</sup>, образовавшаяся при постепенном отступлении ледника (Пасторс, 1986).

Реки Земгальской равнины Миса, Иецава, Свете, Тервете, Ауце, Берзе и Вилце принадлежат к бассейну реки Лиелупе. Они имеют лишь небольшие изгибы и расположены очень близко друг к другу, а также на большом протяжении текут параллельно (рис. I, прилож. I).

Все исследованные реки в основном принадлежат к типу медленнотекущих.

Химические исследования рек Земгальской равнины (Отчет..., 1985) показали, что вода исследуемых рек характеризуется повышенными показателями общей минерализации (около или выше 500 мг/л). По ионному составу вода рек принадлежит к гидрокарбонатному классу кальциевой группы. Температура воды в реках Земгальской равнины в июне месяце была 13,5-20,7°C. Значения pH колебались в пределах 7,8-8,2. Содержание кислорода в начале летней межени благоприятное, за исключением устьевого района р. Берзе, где оно равно

5,85 мг/л и придонных слоев р.Свете - 4,95 мг  $O_2$ /л. Особо неблагоприятный кислородный режим отмечен в устьевых районах р.Миса (1,70 мг  $O_2$ /л) и р.Иецава (3,33-3,69 мг  $O_2$ /л).

Показатель легкоокисляемых органических веществ БПК<sub>5</sub> летом несколько повышен - лишь в устье р.Берзе и в верхнем течении р.Свете не достигает 2,0 мг  $O_2$ /л, а в остальных пунктах находится в пределах 2,1-6,6 мг  $O_2$ /л. На загрязнение рек органическими веществами указывает повышенная цветность (58-192°) и окисляемость, которая отмечалась в довольно широких пределах (перманганатная - от 6,1 до 41,4, бихроматная - от 11,4 до 76,9 мг  $O$ /л). В устьевых районах рек Миса и Иецава увеличена концентрация всех форм азота. Постоянно повышенное содержание фосфора обнаружено в устьях рек Ауце, Берзе, Свете и Миса.

Анализ основных химических показателей вод исследуемых малых рек Земгальской низменности указывает на высокую степень их антропогенного еutriфикации, обусловленного как рассеянным притоком минеральных и органических веществ с водосборной площади, так и точечным сбросом неочищенных или недостаточно очищенных промышленных и бытовых стоков.

Для рек бассейна Лмелупе характерны глинистые, суглинистые и илстые грунты, достаточно богатые органическими веществами, в первую очередь илстые (4,05-18,74 %) (прилож. 3).

### 2.2.3. Видземское побережье

Реки Видземского побережья Светупе с притоком Перльупе, Витрупе, Аге, Кюшупе, Петерупе, Инчупе берут свое начало на Северо-Западном Видземском поднятии, представленном волнистой моренной равниной. Устьевые участки рек находятся в приморской низменности (рис. 1, прилож. 1).

Преобладающие типы почв - дерновые слабо- и среднеподзо-

листые, почвы сильно культивированные.

Падение рек довольно равномерно и колеблется в пределах 1,5-3,5 м/км. В целом реки, за исключением р.Перльупе, относятся к типу быстротекущих.

По данным Лаборатории гидробиологии Института биологии АН Латвии (Отчет..., 1983, 1984), вода рек, имеющих непосредственно выход в Рижский залив, имеет повышенную минерализацию (> 400 мг/л, до 500 мг/л). По ионному составу реки относятся к гидрокарбонатному классу. Значения рН колеблются от 7,30 до 8,00. Температура воды в летнюю межень в реках Витрупе, Светупе, Перльупе была от 15,6 до 18,6°C, а в сентябре в реках Инчупе, Аге, Кишупе, Петерупе - от 12,8 до 13,7°C.

Кислородный режим рек Витрупе, Светупе и Перльупе неблагоприятный. Это связано с повышенными значениями БПК<sub>5</sub> (в реке Перльупе БПК<sub>5</sub> даже превышает 10). Загрязнение р.Перльупе, нижних участков рр.Светупе и Витрупе органическими веществами подтверждает также повышенные значения окисляемости, концентрации минерального фосфора (рр.Перльупе, Светупе). Повышено также содержание минерального азота (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> в р.Перльупе, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> в р.Перльупе, верховье р.Витрупе).

Реки Северо-Латвийской низменности Аге, Кишупе, Петерупе и Инчупе обладают повышенным содержанием нитратного азота (превышение в 1,5-2 раза по сравнению с аммонийным), что связано с меньшим потреблением нитратов водорослями в сентябре, когда исследовали эти реки.

В целом по химическим показателям р.Витрупе, берущая начало из евтрофного озера Риебэзерс, более загрязнена в верхнем течении, но как и в реках Аге, Петерупе, Кишупе, процесс самоочищения в устьевом участке не завершился. Река Перльупе загрязнена

до полисапробного уровня и, впадая в р.Светупе, повышает сапробность последней.

Донные отложения этих рек представлены илистыми, песчаными и гравийными типами. Органических веществ достаточно много, особенно в иле (4,87-17,20 %) и песчаном иле (3,64-9,45 %). Бедны органическими веществами гравийные и песчаные грунты (0,67-2,94 %) (прилож. 3).

#### 2.2.4. Северо-Западное Видземское поднятие

По Северо-Западному Видземскому поднятию протекают реки Салацкого бассейна - притоки реки Салаца и реки, впадающие в оз.Буртниеку, из которого берет свое начало р.Салаца. Район расположен в северо-западной части Латвии.

##### 2.2.4.1. Притоки реки Салаца

Притоки р.Салаца расположены на территории, где преобладают освоенные дерново-слабо и среднеподзолистые почвы, а также дерново-глеевые и дерново-подзолистые почвы. Много окультуренных площадей, пахотных земель.

Нами обследовались притоки р.Салаца: Корге, Нориня, Йогла, Иге, Натрене, Киреле, Малупе, Глажупе, Ливупе и Рамата, а также вырытый в середине XIX века канал, соединяющий низовья рр.Салаца и Светупе - река Яунупе (рис. I, прилож. I).

Реки характерны тем, что в верхнем течении их падение меньше, чем в нижнем. Большинство рек принадлежит к типу быстротекущих. Медленнотекущими на большей части своей длины являются Ливупе, Нориня, а также в верхней части течения Киреле и Глажупе.

Гидрохимические исследования (Отчет..., 1983, 1984) показали, что воды рек Салацкого бассейна по общей минерализации

характеризуются как среднеминерализованные (330-480 мг/л). В ионном составе доминировали гидрокарбонатные анионы и катионы кальция и магния.

Значения pH в большинстве случаев отмечались в пределах от 7,00 до 8,00. Повышение pH выше 8,00 отмечалось в реках, где интенсивно протекали процессы фотосинтеза и развития высшей водной растительности (рр. Яунупе, Корге, Рамата). Температура воды в реках Салацкого бассейна в летнюю межень колебалась от 13,4 до 20,8°C. Кислородные условия благоприятные в реках Яунупе, Малупе, Глазупе, Рамата, Натрене, в верхнем течении р.Нориня, в нижнем течении р.Корге. Неблагоприятный кислородный режим отмечен в реках Киреле, Ливупе, Корге, Нориня, Йогла и Иге. О высоком содержании свежего органического загрязнения свидетельствует увеличение  $BPK_5$  в реках Киреле, Ливупе, Нориня, Йогла. Очевидно, это является основной причиной пониженного содержания кислорода в этих реках.

Величины перманганатной и бихроматной окисляемости колеблется в больших пределах - от 4,04 до 31,6 и от 12,6 до 64,2 мг O/л соответственно. Низкие значения окисляемости отмечаются в реках Натрене и Нориня. В большинстве рек преобладают стойкие органические вещества аллохтонного происхождения. Цветность воды повышена на заболоченных участках рек Киреле, Нориня.

Основной формой минерального азота является аммиачная - 0,2-0,5 мг/л; максимум нитритного азота меньше 0,01 мг/л, во всех реках содержание  $N-NO_2^-$  минимальное. Повышение минерального фосфора наблюдалось в реках с высоким содержанием свежего органического загрязнения (Иге, Яунупе, Малупе).

По гидрохимическим показателям реки Салацкого бассейна в большинстве случаев имеют явные признаки антропогенного евроби-

рования (рр. Нориня, Малупе, Глазупе, Йогла, Иге, Киреле, Ливупе).

Донные отложения рек Салацкого бассейна в основном представлены песками и гравием. Количество органических веществ в притоках р.Салаца небольшое: от 0,51 до 8,61 % (прилож. 3).

#### 2.2.4.2. Реки, впадающие в оз.Буртниеку

На песчаниках восточной части Северо-Западного Видземского поднятия распространены дерново-средне- и слабоподзолистые почвы, в бассейне р.Седа - сильноподзолистые дерновые почвы. Примерно половину сельскохозяйственных земель занимают естественные дуга и пастбища, в бассейне много окультуренных земель.

В озеро Буртниеку впадают реки Руя (85 км, 992 км<sup>2</sup>), Седа (58 км, 575 км<sup>2</sup>) и Бриде (42 км, 449 км<sup>2</sup>) (рис. 1). Падение их небольшое, в верховьях около 1,0 м/км, в среднем и нижнем течении - менее 0,5 м/км.

Химические анализы (Отчет..., 1984) показали, что воды рек Руя, Бриде, Седа имеют среднюю степень минерализации (в среднем 300 мг/л) В ионном составе доминируют гидрокарбонатные анионы и кальциевые катионы. Значения рН в летне-осенний период были довольно высокими - от 7,8 до 8,2. Концентрация кислорода превышает 6 мг/л.

На свежее загрязнение вод рек органическими веществами указывают повышенные значения БПК<sub>5</sub>, окисляемости, высокая цветность воды. Из биогенных элементов отмечено некоторое повышение аммонийного азота. Во время исследований в мае месяце состояние вод рек Седа, Бриде и Руя было удовлетворительным, БПК<sub>5</sub> не превышало 1,69.

Донные отложения рек - илстый песок, песок и суглинки,

которые бедны органическими веществами (от 0,18 до 1,41%) (прилож. 3).

### 2.2.5. Среднелатвийская покатость и Гауява

На Среднелатвийской покатости начинаются реки, радиально растекающиеся с Центрально-Видземской возвышенности: Ранка, Майзите, Брасла, Лобе, Кайбала, Локмене, Бебрупе, которые принадлежат к бассейну р.Даугавы, а также притоки р.Диела Югла - Тумшупе и р.Маза Югла - Абза и река Лауце (левобережный приток р.Даугава) (рис. 1).

Две реки - Лигатне и приток р.Амата - Перльупе - начинаются на Центрально-Видземской возвышенности и принадлежат к бассейну р.Гауя.

Так как истоки рек обычно находятся выше 200 м над уровнем моря, падение рек часто достигает 9-11 м/км. Реки в основном быстротекущие.

Реки Лобе, Майзите, Брасла, Бебрупе и Локмене дренируют большие массивы болот.

В районе широко распространены дерново-слабо- и средне-подзолистые эродированные почвы. Обширные площади окультурены.

Химический анализ воды рек не проводится.

Грунты разнотипны; доминирует гравий и песок. Содержание органических веществ в осадках низкое (от 0,25 до 5,71 %).

## 2.3. Гидрологическая и физико-химическая характеристика биотопов

### 2.3.1. Скорость течения и расход воды

Речные экосистемы являются главным образом физически, а не биологически, контролируемыми системами, поэтому анализы лотических экосистем должны сосредоточиться на описании изменений физической среды. До сих пор главное внимание уделяется температуре воды и характеристике течения, при этом температура воды изучена достаточно, течение - не изучено (Statzner, 1987). Однако скорость течения является одним из физических детерминантов лотических водоемов (Nawkes, 1975).

В реках можно выделить следующие зоны скорости течения ( $v$ ): занимаемые биоценозами быстрых потоков ( $v > 0,6$  м/с); быстротекущие ( $v = 0,7-0,25$  м/с), среднетекучие ( $v = 0,3-0,15$  м/с), медленнотекущие ( $v = 0,2-0,05$  м/с) и слаботекущие ( $v < 0,1$  м/с) (Nawkes, 1978).

В исследованных нами биотопах малых рек Латвии скорость течения в целом отмечалась от 0,03 до 1,10 м/с (прилож. 2).

Большинство биотопов по средней скорости течения во время летней межени 1981-1983 гг. соответствует среднетекучим зонам, за исключением торфянистых донных отложений с медленным течением и мелкозернистого песка с быстрым течением (табл. 1).

Сравнивая скорость течения и расход воды в биотопах с разнотипными донными отложениями, видим, что не всегда высокой скорости течения соответствует столь же высокий уровень расхода воды (табл. 1).

Экологически наиболее значительными факторами в биотопе вместе со скоростью течения и характером седиментов являются



Таблица I

Скорость течения ( $V$ , м/с) и расход воды ( $Q$ , м<sup>3</sup>/с) в малых реках Латвии  
(летняя межень 1981-1983 гг.)

Тип донных отложений	$V_{\text{мин}} - V_{\text{макс}}$	$n^x$	$V_{\text{среднее}}$	$Q_{\text{мин}} - Q_{\text{макс}}$	$n$	$Q_{\text{среднее}}$
Гравий	0,10-0,60	12	0,30	0,07-0,86	12	0,40
Крупнозернистый песок	0,08-0,55	6	0,25	0,002-1,59	4	0,47
Мелкозернистый песок	0,10-1,10	9	0,80	0,02-1,59	9	0,70
Илистый песок	0,05-0,60	15	0,20	0,01-1,61	15	0,55
Песчаный ил	0,10-0,31	6	0,18	0,10-0,60	6	0,30
Ил	0,10-0,55	9	0,25	0,15-1,59	5	0,82
Детрит	0,08	1	-	0,07	1	-
Торф	0,08-0,12	4	0,10	0,5	1	-
Глина	0,03	1	-	0,03	1	-
Суглинки	0,7	1	-	2,9	1	-

<sup>x</sup> $n$  - объем выборки.

ширина и глубина реки (Pennaak, 1971; Pitwell, 1975; Persoone, 1979), между которыми в реках БРГ существует положительная корреляция высокой степени ( $r > 0,4$ ,  $\alpha = 0,01$ ) (Wiegleb, 1984).

В исследованных нами биотопах ширина рек колебалась от 0,5 до 13,0 м, глубина - от 0,1 до 5,0 м. В большинстве случаев ширина не превышала 10,0 м, глубина - 1,0 м (прилож. 2).

Расход воды в малых реках Латвии колеблется в довольно широких пределах - от 0,002 до 2,9 м<sup>3</sup>/с, в среднем от 0,30 м<sup>3</sup>/с над песчаным илом до 0,82 м<sup>3</sup>/с над илом (табл. 1). По сравнению со скоростью течения расход воды является более интегральной величиной, характеризующей гидрологические условия биотопа.

### 2.3.2. Температурный режим

Основной материал, собранный по температурному режиму, относится к летней межени, которая является оптимальным периодом для сравнительного изучения воздействия природных и антропогенных факторов на динамику бактериопланктона и бактериобентоса малых рек Латвии (Зандмане, 1984). Температурный режим малых рек летом довольно однообразен - температура воды и седиментов колеблется от 13,4 до 20,8<sup>0</sup>С, в большинстве случаев достигая 17,0-18,0<sup>0</sup>С (прилож. 3), что позволяет отнести их к категории холодных (Глазачева, 1976).

Осенью температура падает с 12,0-13,0 в сентябре до 0,3<sup>0</sup>С в ноябре, зимой составляет 0,1<sup>0</sup>С, а весной - в мае - уже достигает 14,0-18,0<sup>0</sup>С (прилож. 3).

### 2.3.3. Значения pH донных отложений

Значения pH поверхностных и глубинных слоев грунта малых рек Латвии варьируют от 7,00 до 8,00. Исключением являются торфянистые седименты, в которых pH в поверхностных слоях достигает

6,61 и в глубинных 6,00 (рис. 2). Это обусловлено присутствием лигнинно-гумусового комплекса в торфе, которому присущи коллоидные свойства. Вследствие пептизации илов происходит их разбухание, затрудняется обмен между водой и торфом, создаются анаэробные условия и повышается кислотность (Сорокин, 1958). Только в торфянистых глунтах мелких рек наблюдаемая разница между pH поверхностных и глубинных слоев (0,6) существенная, в остальных типах грунтов эта разница незначительна (рис. 2).

Изменения pH поверхностных и глубинных слоев разнотипных грунтов по сезонам не является существенными (прилож. 4).

#### 2.3.4. Окислительно-восстановительные условия

Окислительно-восстановительные условия в грунтах зависят от гранулометрического состава (Одум, 1975; Романенко, 1985; Гальцова, Павлюк, 1987; Fenehel, 1969), проникновения кислорода из толщ воды в верхние слои седиментов вследствие турбулентности воды над ними (Jones, 1979) и биотурбации (Rippey, Jewson, 1982; Krantzberg, 1985), содержания органических веществ (Кузнецов, Романенко, 1963; Гальцова, Павлюк, 1987; Fenehel, 1969), наличия сульфатов (Кузнецов, Романенко, 1963), соотношения закисных и окисных форм железа (Драбкова, 1981).

Окислительно-восстановительные условия различаются в водоемах с разной степенью трофии. Так, Буторин (1983) наименьшие значения  $E_h$  (120-175 мВ) констатировал в дистрофно-эвтрофных озерах.

Существующее деление содержания кислорода среды по величине  $E_h$  указывает, что окислительными являются седименты, в которых  $E_h$  превышает 300 мВ (Meyer-Reil, 1983) или 200 мВ (Гальцова, Павлюк, 1987; Fenehel, 1969). Переходными являются донные отложения с  $E_h$  от 300 до 100 мВ (Meyer-Reil, 1983) или от 200 до

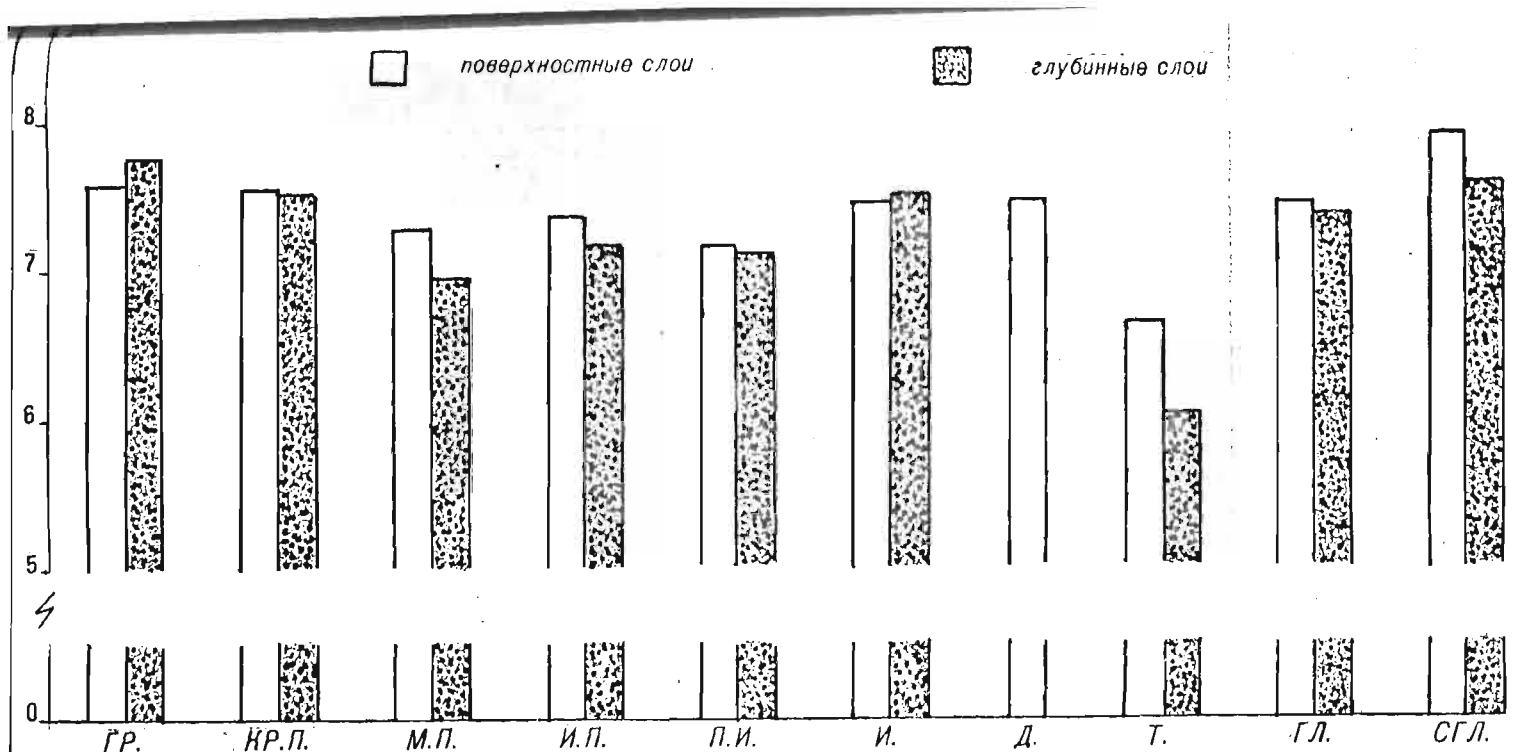


Рис.2

Значения pH разнотипных донных отложений.

Типы донных отложений:

ГР. — гравий

КР.П. — крупнозернистый песок

М.П. — мелкозернистый песок

И.П. — илистый песок

П.И. — песчаный ил

Т. — торф

И. — ил

Д. — детрит

ГЛ. — глина

СГЛ. — суглинки

150 мВ (Гальцова, Павлюк, 1987).

Окисляемость донных осадков отражается на их цвете - кислородный слой ( $E_h$  выше 200 мВ) имеет желтовато-коричневую окраску, переходный слой ( $E_h$  от 150 до 200 мВ) - серый, а сероводородный (бескислородный) - чернует (Гальцова, Павлюк, 1987).

Величина  $E_h$  в осадках малых рек Латвии зависит от сезона года: максимальные значения наблюдаются летом, а минимальные - зимой (прилож. 4). Такое же явление наблюдалось Джонсом (Jones, 1979) в озерах, только сезонные различия  $E_h$  там более выражены.

В лентических системах  $E_h$  с увеличением глубины осадков уменьшается (Кузнецов, Романенко, 1963; Fenchel, 1969; Vanderpost, 1972; Jørgensen, Fenchel, 1974; Jones, 1979), что наблюдается также в грунтах малых рек (прилож. 4).

Наилучшие кислородные условия существуют в поверхностных слоях гравия, крупнозернистого песка, глины и суглинков, а также илистого песка. Остальные типы грунтов - песчаный ил, ил, детрит, торф - имеют переходные условия. В поверхностных слоях средние значения  $E_h$  ниже 100 мВ наблюдаются лишь зимой в илистом песке и илу (прилож. 4).

Наиболее выраженная разница между  $E_h$  поверхностных и глубинных слоев отмечалась нами в осадках, содержащих мелкие фракции ила (прилож. 4). Дзюбан (1987) в экспериментальных условиях установлено, что в илах активное поглощение кислорода происходит в 0,5-1,0 см слое, а в песчаных отложениях с высоким  $E_h$  аэробные процессы могут протекать и в более глубоких слоях. Романенко (1985) в вязких озерных илах аэробные условия наблюдал лишь в тончайшей пленке (несколько мм) экранирующего слоя донных осадков, а в рыхлых грунтах - в слое 2-3 см.

В реках Латвии нижележащие слои грунта являются субкислород-

ными -  $E_h$  отмечается в пределах от 100 до 200 мВ. По средним данным, бескислородные условия ( $E_h$  ниже 100 мВ) наблюдаются лишь осенью в песчаном илу и зимой в илистых типах донных отложений и суглинках (прилож. 4).

Так как показатель  $E_h$  зависит как от концентрации молекулярного водорода, так и от концентрации его ионов, для характеристики окислительно-восстановительных условий в биологических системах часто пользуются величиной  $rH_2$ . Минимальные значения  $rH_2$  соответствуют сильно восстановительным условиям ( $rH_2 = 0$ ), максимальные ( $rH_2 = 41$ ) - насыщению среды кислородом (Чурбанова, 1987).

Исследования Романенко (1964 а) показали, что  $rH_2$  в поверхностных слоях иловых отложений евтрофных и мезотрофных водоемов соответствует 10-18, в олиготрофных - 20-30. Наиболее низкие значения  $rH_2$  отмечены на глубине 1-2 см от поверхности грунта. С глубиной бактериальные процессы затухают и  $rH_2$  повышается.

В осадках малых рек максимальные значения  $rH_2$  наблюдаются в контактном слое "вода-донные осадки". В нижележащих слоях  $rH_2$  выше 20 отмечены лишь летом в гравии, крупнозернистом песке и глине (прилож. 4).

Судя по величине  $rH_2$  окислительно-восстановительные условия в грунтах в сезонном аспекте являются наилучшими именно летом (прилож. 4).

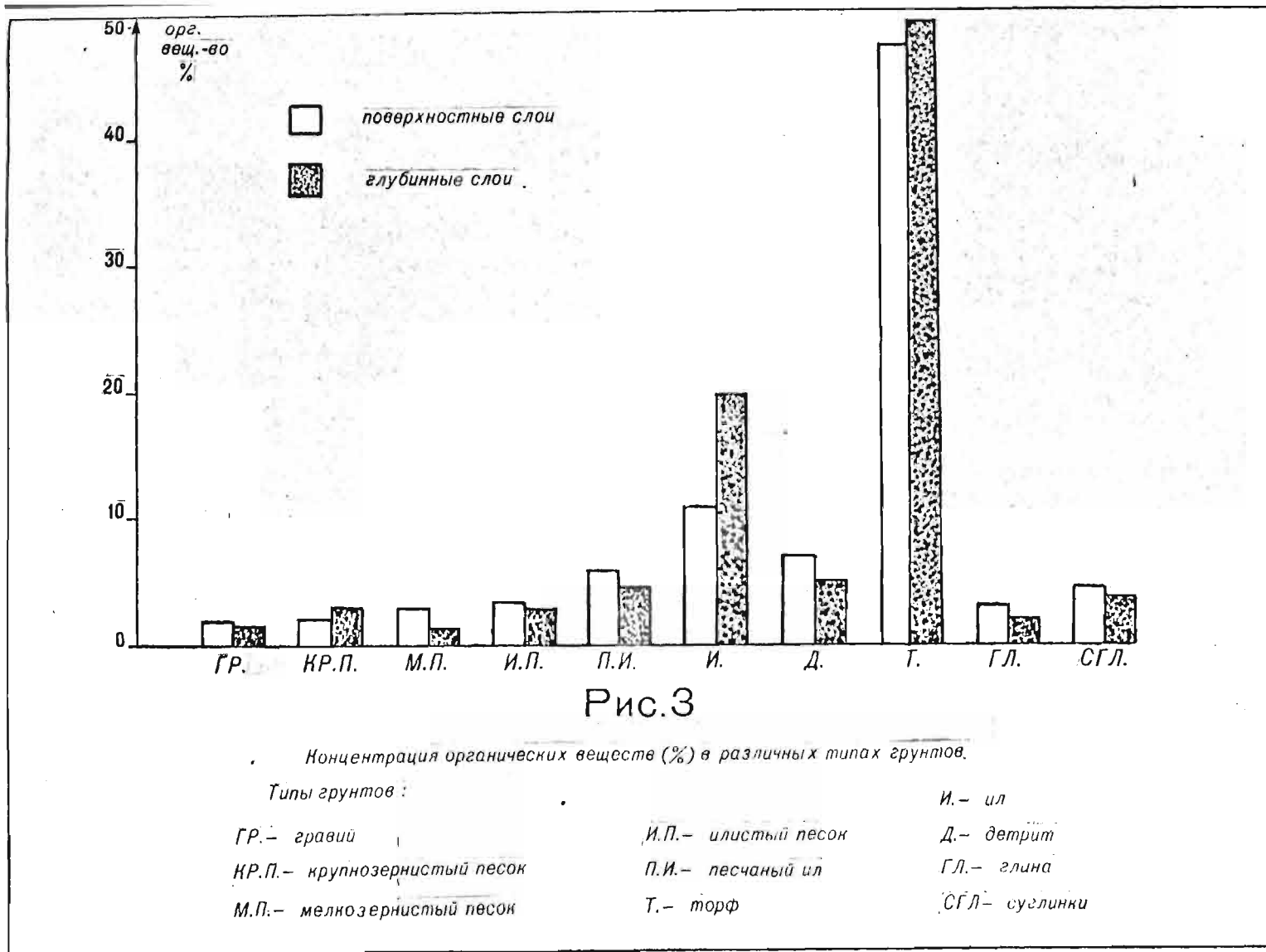
В целом причины различий  $rH_2$  обусловлены в основном теми же факторами, которые определяют  $E_h$ . Однако различия  $rH_2$  поверхностных и глубинных слоев и разных типов грунтов не так выражены, как различия  $E_h$ , что связано со сравнительно небольшими различиями pH среды (рис. 2).

### 2.3.5. Концентрация органических веществ и фосфора

В донных отложениях малых рек Латвии лишь в песчаном илу, илу, детрите и торфе содержание органических веществ превышает 5%. Наблюдается тенденция прироста концентрации органических веществ с уменьшением частиц грунта (гравий-ил), что особенно четко прослеживается в поверхностных слоях (рис. 3). В глинистых и суглинистых седиментах концентрация несколько снижается. Отмеченная нами связь концентрации органических веществ с гранулометрическим составом грунтов согласуется с данными других авторов (Parker, 1982; De Flaun, Mayer, 1983; Bott, Kaplan, 1985; Leichtfried, 1985). Однако в исследованиях озерных седиментов наблюдается распределение органических веществ независимо от величины частиц грунта (Hollerbach, 1984).

Усвояемость органических веществ, выраженная соотношением  $C/N$ , различается по типам донных отложений (Сорокин, 1958). Так, в торфянистых илах при наличии лигнино-гумусового комплекса, составляющего до 50%, усвояемость органических веществ низкая - примерно 20-40 (Сперанская, 1935; Сорокин, 1958). Количество усвояемого органического вещества зависит от степени трофики водоема - в дистрофных и олиготрофных озерах - 2-3 %, в евтрофных - 10-15 % от общего количества органических веществ (Кузнецов, 1949).

Одним из важнейших биогенных элементов, входящих в состав органических веществ грунтов, является фосфор. Его концентрация колеблется от 0,013 до 0,119 % в органическом веществе поверхностных слоев донных отложений и от 0,006 до 0,125% - в глубинных (прилож. 3).





Распределение общего фосфора в органическом веществе не зависит от гранулометрического состава донных отложений (прилож. 5).

Таким образом, малые реки Латвии, расположенные в различных физико-географических районах, в целом характеризуются значительной однородностью, так как в большинстве случаев их средняя глубина не превышает 1,5 м, длина - 100 км и площадь водосбора - 1000 км<sup>2</sup>. В летнюю межень температура воды обычно отмечается в пределах от 17 до 18°С, скорость течения в большинстве случаев близка к 0,1-0,2 м/с.

Значения рН донных отложений в основном колеблются в интервале 7,00-8,00, окислительно-восстановительные условия в поверхностных слоях грунтов окислительные, в глубинных - субкислородные. Концентрация органических веществ в большинстве грунтов ниже 5 %.

### Глава 3. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РАЗНЫХ ТИПОВ

#### 3.1. Микробиологическая изученность малых рек

В связи с определенными трудностями исследований лотических систем (главным образом вследствие воздействия течения) текущие воды стали объектом изучения лимнологии лишь с 1922 года (Weber-Oldesor, 1981).

В настоящее время микробиологическое изучение малых рек привлекает внимание исследователей во всем мире (Kaushik, Hynes, 1971; Walker, Mc Callion, 1978; Nutall, 1982; Starzecka, Szela, 1982; Mc Dowel, 1984; Bott, Kaplan, 1985; Gary, Adams, 1985; Starzecka, 1985; Goulder, 1988; Starzecka et al., 1988).

В Советском Союзе микробиологические исследования широко проводились в озерах, водохранилищах, морях, в меньшей степени в реках, а работ по микробиологии малых рек совсем мало (Решеткова, 1976, 1978; Астапович и др., 1983; Башмакова, Рубан, 1986).

Более детально данная тема проработана на малых реках Латвии, что нашло отражение в ряде работ (Гидробиологический режим малых рек..., 1981; Зандмане, 1984; Лиела и др., 1984; Вейланде, Лиела, 1985; Сприньге, 1988; Мелберга, 1989; Сприньге, Мелберга, 1989).

Исследования процессов самоочищения в лотических системах указывает на ведущую роль бентических микробных сообществ (Hynes, 1983). В условиях Латвии это подтверждают данные Зандмане (1984) - в модельной медякнотекущей реке при диффузном косвенном загрязнении первостепенное значение в самоочищении реки имеют бактериобентос и высшая водная растительность.

Микробиологические исследования донных отложений более до-

стоверно отражают состояние загрязнения водоема по сравнению с водной толщей (Kohl, Zibusehka, 1974; Kozhova, 1981), поэтому в нашей работе основное внимание было уделено именно бактериобентическим исследованиям грунтов разных типов. Однако нами рассматривается также связь бактериобентоса с бактериопланктоном.

### 3.2. Связь бактериобентоса и бактериопланктоном

Донные отложения и обитающие в них организмы образуют экосистему, которая многообразными трофическими связями и потоками вещества и энергии связана с водной толщей и ее населением (Мизандронцев, 1983). Обмен между водой и грунтом протекает быстро и в значительных масштабах. Из донных осадков в воду переходят ионы  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , а также органические вещества (Першин и др., 1983; Tanaka, Fuchihara, 1981; Avnimelech et al., 1983). В то же время происходит поглощение биогенных элементов донными отложениями из водной толщи (Башкин, 1983).

На дно осаждаются и проникают вглубь загрязнения, поступающие в водоем. В результате в седиментах значительно больше индикаторных и патогенных микроорганизмов, чем в воде (Gary, Adams, 1985; Volterra et al., 1985; Burton et al., 1987) и аллохтонные бактерии дольше сохраняют жизнеспособность (LeGuyader, Cormier, 1988). Загрязнения в грунтах сохраняются длительно, поэтому грунты являются важным источником вторичного загрязнения (Родина, 1965; Kohl, Zibuschka, 1975; Hynes, 1983).

Таким образом, существует связь не только между химическими параметрами, но и между ценозами воды и седиментов.

То, что распределение бактерий в пригрунтовых слоях зависит от типа донных осадков, установлено в озере Нарочь (Инкина и др., 1984). Изучая биомассу микроорганизмов воды и грунтов, наш-

ли положительную корреляцию ( $r = 0,55$ ), а также установили существенное влияние характера грунта на эту взаимосвязь (Воронова и др., 1986).

Грунты значительно богаче микроорганизмами, чем вода: в лентических водоемах общая численность микроорганизмов в осадках примерно на 3 порядка выше по сравнению с соответствующими величинами в воде (Романенко, 1964 а; Константинова, 1971; Кузнецов, и др., 1974; Гоман, 1976; Чеботарев, 1984; Jones, 1979; Novitsky, 1987; Irriberti et al., 1988).

В малых реках Латвии общая численность микроорганизмов в воде составляет от 0,4 до 44,6 млн.кл./мл (прилож. 6), в осадках - от 46,4 до 1093,0 млн.кл./г (прилож. 7), т.е. число микроорганизмов в донных отложениях примерно на 2-3 порядка выше.

Между водной толщей и осадками существует определенная взаимосвязь, что подтверждается положительной корреляцией между общей численностью микробов в бактериопланктоне и бактериобентосе:  $r_{\alpha;n} = 0,358$  ( $n = 94$ ;  $\alpha = 0,01$ ). Более ярко эта связь наблюдалась летом:  $r_{\alpha;n} = 0,455$  ( $n = 62$ ;  $\alpha = 0,01$ ).

Рассматривая взаимоотношения микробиоценозов воды и грунтов определенного типа, установили достоверную положительную корреляцию для илистых песков и песчаных илов, достоверная отрицательная корреляция отмечалась для крупнозернистого песка. В летнюю межень достоверной является лишь корреляция в илистых песках (табл. 2).

Изучали также взаимосвязь между гетеротрофными микроорганизмами (сапрофитными, олигокарбофильными и гнилостными бактериями) в воде и осадках.

Донные отложения значительно богаче легусвояемыми органическими веществами, чем водная толща. Следовательно, количество

Таблица 2

Коэффициенты корреляции  $r_{\alpha; n}$  между общей численностью микроорганизмов в воде и поверхностных слоях донных отложений

Тип донных отложений	В целом			Лето		
	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$
Гравий	12	0,235		10	0,300	
Крупнозернистый песок	8	-0,717	0,05	6	-0,713	
Мелкозернистый песок	14	-0,124		7	-0,732	0,1
Илистый песок	22	0,695	0,01	16	0,721	0,1
Песчаный ил	10	0,740	0,02	8	0,471	
Ил	11	-0,271		6	-0,180	
Детрит	1	-		-	-	
Торф	5	-0,440		5	-0,440	
Глина	6	0,372		1	-	
Суглинки	5	-0,127		3	-	
В целом	94	0,353	0,01	62	0,455	0,01

n - объем выборки,

$\alpha$  - уровень существенности.

гетеротрофов в илах гораздо выше, чем в воде. Численности гетеротрофов как в воде, так и в грунтах свойственны большие колебания, главным образом, из-за разной степени антропогенного воздействия на биотопы. Так, число сапрофитов колеблется от 220 до 22240 кл./мл в воде и от 1,25 до 6412,5 тыс.кл./г в седиментах; число олигокарбофилов - от 580 до 141 500 кл./мл в воде и от 8,5 до 19 950 тыс.кл./г в грунтах; число гнилостных бактерий - от 20 до 28 000 кл./мл в воде и от 1,5 до 850,0 тыс.кл./г в донных отложениях (прилож. 6, 7). Таким образом, в малых реках Латвии число гетеротрофных бактерий в донных отложениях в среднем на 2-3 порядка выше, чем в водной толще, что согласуется с соответствующими данными в лентической среде (Гоман, 1976).

Сравнение интенсивности развития гетеротрофов в воде и донных отложениях показывает, что эти величины так же как и общая численность бактериопланктона и бактериобентоса, взаимосвязаны: между числами сапрофитов в воде и грунтах  $r_{\rho, n} = 0,233$  ( $n = 135$ ;  $\rho = 0,01$ ), между числами гнилостных бактерий -  $r_{\rho, n} = 0,422$  ( $n = 108$ ;  $\rho = 0,01$ ). Между численностью олигокарбофилов в воде и седиментах корреляционных отношений не найдено:  $r_{\rho, n} = -0,001$  ( $n = 124$ ). Очевидно, взаимоотношения между водой и седиментом в смысле развития олигокарбофилов проявляются в незначительной мере и обменные процессы "вода-седимент" в целом несущественны для олигокарбофилов. Существование положительных корреляций между микробиологическими данными в воде и отдельных типах грунтов (табл. 3) можно объяснить значительным равновесием обменных процессов между водой и седиментами, что, в свою очередь, обусловлено множеством взаимодействующих факторов.

Таблица 3

Коэффициенты корреляции  $r_{\alpha; n}$  между численностью сапрофитных, олигокарбофильных и гнилостных бактерий в воде и поверхностных слоях донных отложений

Тип донных отложений	Сапрофитные бактерии			Олигокарбофильные бактерии			Гнилостные бактерии		
	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$
Гравий	18	-0,172		18	-0,250		16	0,876	0,01
Крупнозернистый песок	14	0,102		13	0,374		9	0,496	
Мелкозернистый песок	19	-0,114		15	-0,095		15	0,866	0,01
Илистый песок	26	0,395	0,05	22	0,329		19	0,772	0,01
Песчаный ил	17	0,918	0,01	17	0,287		14	0,289	
Ил	16	0,010		15	0,166		14	0,252	
Детрит	6	0,965	0,01	5	0,134		4	-0,197	
Торф	7	-0,185		7	-0,351		6	0,229	
Глина	6	0,738	0,1	6	0,855	0,05	6	0,974	0,01
Суглинки	7	0,545		6	0,502		5	0,163	
В целом	135	0,233	0,01	124	-0,001		108	0,422	0,01

n - объем выборки,

$\alpha$  - уровень существенности.

### 3.3. Общая численность бактериобентоса

Общая численность бактериобентоса является необходимым параметром при определении структуры микробиоценоза донных отложений и оценке экологического состояния малых рек.

Исследования бактериобентоса показывают, что существует определенная зависимость между типом грунта и общей численностью (Сорокин, 1958; Родина, 1960; Адилова, 1968; Новожилова, 1973; Александрова, 1978; Ярушек, 1978; Аппине, 1982; Головки и др., 1982; Максимова и др., 1983; Инкина и др., 1984; Новожилова и др., 1984; Авдеев, 1987; De Flaun, Mayer, 1983; Montagna et al., 1983). В большинстве случаев при сравнении разных грунтов минимальные значения общей численности отмечаются в песках, максимальные — в илах. В экспериментальных условиях установлено, что плотность бактериального населения в илах в 100 раз выше, чем в песчаных грунтах (Montagna et al., 1983). Однако существующие данные относятся к лентическим системам. На развитие бактериальных ценозов влияет целый комплекс взаимодействующих факторов внешней среды, часть которых зависит от степени антропогенного воздействия на биотопы.

При нарастании антропогенной нагрузки на речные системы наблюдается тенденция увеличения общей численности бактериобентоса, которая четко проявляется в поверхностных слоях грунтов (прилож. 8). Поэтому для более точного определения зависимости общей численности от типа грунта нами сравниваются данные фонового уровня, то есть условно не подверженных антропогенному фактору биотопов.

Максимальные значения общей численности микроорганизмов отмечаются в суглинистых, глинистых и песчано-илистых грунтах, постепенно снижаясь до минимальных величин в детрите и илу



(рис. 4). Во всех типах донных отложений довольно широкий интервал колебаний общего числа бактериобентоса, высокими являются стандартные отклонения от средних величин, при учете которых различия между общей численностью седиментов отдельных типов незначительны (прилож. 8).

Несущественной в определении общей численности бактериобентоса является гигроскопическая влажность грунтов, которая в песчаных типах донных отложений составляет сотые доли процента, в илистых, глинистых и детритных - несколько выше 1 %. Исключением являются лишь торфянистые грунты, в которых гигроскопическая влажность в среднем достигает 7,23 % (прилож. 9). Таким образом, пересчет общего числа на 1 г сухого грунта существенных различий по отношению к данной величине в 1 г сырого грунта не имеет.

Существующие тенденции различий между средними величинами общей численности бактериобентоса седиментов отдельных типов, очевидно, определяются влиянием множества факторов. Так, в целом наблюдается некоторая тенденция увеличения общего числа бактерий при уменьшении величины частиц грунта (рис. 4). Повышенные значения общей численности в гравийных и крупнозернистых песчаных грунтах по сравнению с илами и детритом (рис. 4), на наш взгляд, во многом определяются морфологией поверхности частиц, которая, по литературным данным (Nickels et al., 1981), влияет на биомассу и структуру сообщества микробиоты. В морских осадках (Yamamoto, Lopez, 1985) и в соленых маршах (Rublee, Dornseif, 1978) установлена положительная корреляция между общим числом микроорганизмов и специфической, доступной площадью поверхности частиц грунта. Существующая связь комплексная, поэтому получить повторение результатов трудно (Yamamoto, Lopez, 1985).

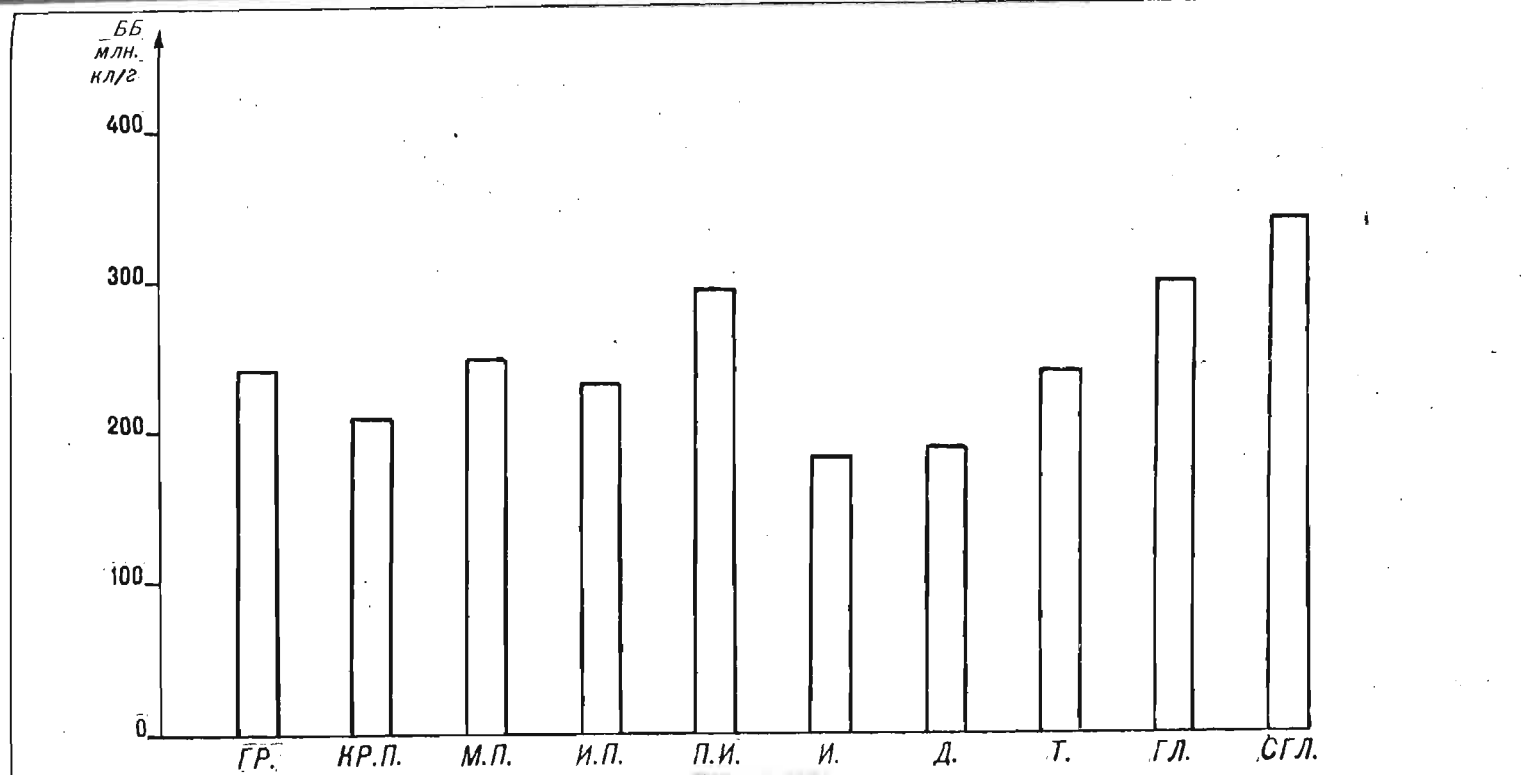


Рис.4

Средние величины общей численности бактериобентоса поверхностных и глубинных слоев (ББ; млн. кл./г) разнотипных донных отложений в фоновых биотопах.

Типы донных отложений:

ГР. — гравий

КР.П. — крупнозернистый песок

М.П. — мелкозернистый песок

И.П. — илистый песок

П.И. — песчаный ил

И. — ил

Д. — детрит

Т. — торф

ГЛ. — глина

СГЛ. — суглинки

Любые обобщающие заключения о взаимосвязи между концентрацией бактерий и величиной частиц грунта должны делаться осторожно. Исследования (Кэммена (Cammern, 1982) показали, что с крупными частицами седиментов связано больше бактерий, чем с мелкими. Другими исследователями (Dale, 1974; Shiaris et al., 1987) наблюдалась обратная связь общей численности микроорганизмов с размером частиц грунта.

Известно, что величина частиц минеральных компонентов субстрата, так же как количество и состав органических веществ в различные комбинации обоих компонентов, влияет на микрораспределение макрозообентоса в биотопе реки (Cummins, Lauff, 1969; Tolkamp, 1982).

Очевидно, эти же факторы, а также некоторые другие (гидрологический режим, кислородные условия и т.д.) во многом определяют распределение микроорганизмов в грунтах.

### 3.3.1. Поверхностные слои

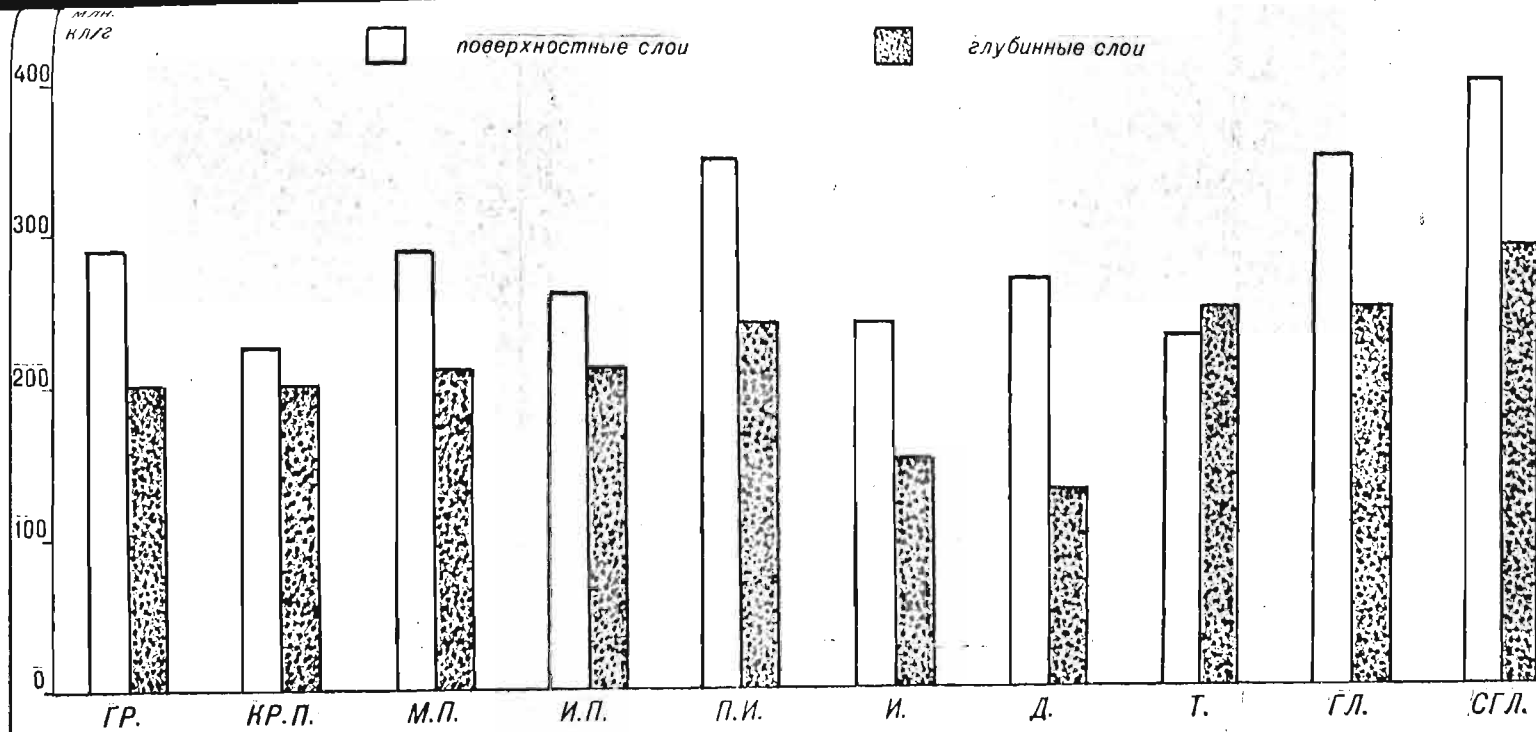
В связи со своей специфичностью поверхностные слои седиментов являются наиболее населенными, в них в большинстве случаев встречаются самые высокие значения общей численности и наиболее разнообразные формы микроорганизмов (Кузнецов, 1970; Александрова, 1978; Тополов, 1982; Нечесов, 1983; Дзюбан, Тимакова, 1986; Vanderpost, 1972; Olan, 1973; Newell, Fallon, 1982; Bensoussan, Bianchi, 1983; Harwey et al., 1984; Novitsky, 1987). Именно в пограничном слое "вода-донные отложения" наиболее активно происходит поглощение кислорода, минерализация органических веществ; выше специфическая скорость роста микроорганизмов, гетеротрофная активность и количество энзимов, принимающих участие в процессах метаболизма (Романенко, 1964 б, в; Романенко, Романенко, 1969;

Дзюбан, 1987; Романенко и др., 1982; Tobin, Anthony, 1978; Jones, 1979; Abdelmoneim et al., 1986; Novitsky, 1987). Однако существующие результаты исследований относятся к озерам, водохранилищам и морям. В лотических системах, где условия существования биоценозов во многом определены действием течения воды, такие исследования не проводились. Только Хайнс (Hynes, 1933) указывает, что верхние слои донных отложений в потоке играют роль активной биологической зоны окисления органических веществ из поступающих в поток грунтовых вод, самоочищения воды от загрязнения.

Наши исследования показали, что в лотических системах, как и в лентических, в большинстве случаев общая численность бактериобентоса наивысшая именно в поверхностных слоях грунта и в значительной мере зависит от величины частиц грунта (рис. 5). Однако при учете высоких значений стандартных отклонений видно, что в целом различия общей численности бактериобентоса разнотипных донных отложений незначительны (прилож. 8) Разброс общей численности бактериобентоса во многом определяется мозаичностью распределения бактерий в грунтах (Олейник, 1984). Достоверно меньше лишь общая численность микроорганизмов в торфе по сравнению с песчаным илом и глиной, что, очевидно, объясняется специфической структурой торфянистых седиментов.

### 3.3.2. Глубинные слои, связь между общей численностью бактериобентоса поверхностных и глубинных слоев

В слоях на расстоянии 5-10 см от поверхности седиментов наивысшие значения общего числа микроорганизмов отмечаются в суглинках, глине и торфе. Наименьшая микробная плотность в илистых



**Рис.5**

Общая численность бактериобентоса (ББ; млн. кл./г) разнотипных донных отложений в фоновых биотопах.

Типы донных отложений:

ГР. — гравий

КР.П. — крупнозернистый песок

М.П. — мелкозернистый песок

И.П. — илестый песок

П.И. — песчаный ил

И. — ил

Д. — детрит

Т. — торф

ГЛ. — глина

СГЛ. — суглинки

и детритных грунтах (рис. 5).

Средние данные общей численности бактериобентоса в глубинных слоях разнотипных донных отложений отличаются друг от друга меньше, чем в поверхностных. Существующие различия общего числа микроорганизмов не являются значительными (прилож. 8).

Между развитием микробиоценозов поверхностных и глубинных слоев существует определенная положительная взаимосвязь:

$r_{\mathcal{L};n} = 0,352$  ( $n = 107$ ;  $\alpha = 0,01$ ). Рассматривая эти отношения в сезонном аспекте, видно, что достоверных корреляций не наблюдалось зимой и весной (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициенты корреляции ( $r_{\mathcal{L};n}$ ) между общей численностью бактериобентоса поверхностных и глубинных слоев донных отложений малых рек Латвии по сезонам

Сезон года	$n^x$	$r_{\mathcal{L};n}$	$\alpha^{xx}$
Лето	56	0,307	0,02
Осень	24	0,631	0,01
Зима	12	0,068	
Весна	14	0,342	
В целом в течение года	107	0,352	0,01

$n^x$  - объем выборки,

$\alpha^{xx}$  - уровень существенности.

Очевидно, это объясняется подледным режимом и промыванием донных осадков весенними паводками, вызывающими нарушение текстуры слоев последних.

В большинстве случаев бактериобентос поверхностного слоя грунта определенного типа численно превышает таковой более глубоких слоев довольно незначительно: от 1,1 (торф) до 4,1 раза (детрит), в среднем в 1,6 раза. Эта разница величин общей численности бактериобентоса меньше, чем установлено в озерах: в 2,5-3,5 раза (Нечесов, 1983) или в морях: от 2 (Novitsky, 1987) до 30 раз (Newell, Fallon, 1982) и даже больше, чем на порядок (Harvey et al., 1984). В то же время существуют данные, по которым в озерных седиментах общее число бактериобентоса с глубиной снижается, оставаясь довольно высоким даже на глубине 150 см (Тополов, 1982).

В донных осадках малых рек при общей тенденции снижения в отдельных случаях число бактериобентоса с глубиной увеличивается (прилож. 7), что может быть связано с повышенными темпами осадко-накопления в данных биотопах, или с разнообразием слоев донных отложений. Такое увеличение в сходных случаях отмечено также в озерных седиментах (Младова, 1975; Александрова, 1978).

Обобщая результаты анализа распределения общей численности бактериобентоса в донных осадках малых рек, следует отметить некоторые тенденции: 1) увеличение общего числа бактериобентоса с повышением антропогенного воздействия на биотопы; 2) зависимость общего числа микроорганизмов с гранулометрическим составом и морфологией частиц грунта; 3) снижение общей численности бактериобентоса с глубиной седиментов. Но при учете значительных стандартных отклонений от средних данных четких закономерностей не отмечено за исключением математически подтвержденной связи между числами бактериобентоса в поверхностных и глубинных слоях донных осадков.

### 3.4. Гетеротрофные бактерии

В воде малых рек Латвии соотношение перманганатной и бихроматной окисляемости в большинстве случаев превышает 0,4 (Отчет по научно-исследовательским темам..., 1982, 1983, 1984, 1985), что свидетельствует об аллохтонном происхождении органических веществ (Стравинская, 1988).

Малые реки являются открытыми гетеротрофными системами и в их функционировании особую роль играют гетеротрофные микроорганизмы, использующие в своем метаболизме органические вещества как источник энергии, углерода и донатор водорода.

Число гетеротрофных бактерий характеризует уровень активности микроорганизмов (Meyer-Reil et al., 1987). Так как гетеротрофы относительно хорошо культивируются в лабораторных условиях, их удобно использовать для качественной и количественной характеристики микробного ценоза исследуемых водотоков.

Гетеротрофные бактерии - как сапробитные (прилож. I0), так и олигокарбофильные (прилож. II) и гнилостные (прилож. I2) - имеют широкие пределы колебаний численности, которые обусловлены в основном разной степенью подверженности донных осадков антропогенному воздействию, подтверждая тем самым органическую природу загрязнений.

Для установления зависимости уровня развития гетеротрофов от типа грунта нами далее рассмотрены донные осадки условно нетронутых биотопов.



### 3.4.1. Сапробитные бактерии

Гетеротрофные аэробные бактерии – сапробиты – развиваются на среде, богатой питательными веществами, что в целом нехарактерно для водной среды. Число сапробитов в грунтах служит показателем присутствия свежих отложений легкоусвояемых белковых веществ, что установлено рядом авторов в разных водоемах (Сорокин, 1958; Кузнецов, 1970; Родина, 1960; Младова, 1975; Чеботарев, 1984; Zo Bell, 1946; Bell, Dutka, 1972).

Изучение сапробитов позволяет дать оценку экологического состояния водотоков как с точки зрения санитарных условий (Фурсенко, 1976; Алине, Ботва, 1982), так и антропогенного воздействия на экосистему (Гоман, 1973; Зандмане, 1984; Башмакова, 1985; Matsumoto, Nanaki, 1983; Starzecka et al., 1988).

Обширных исследований сапробитных бактерий в донных осадках рек, в том числе малых, нет. Частично развитие сапробитов в грунтах двух модельных малых рек отражено в работах Зандмане (1981, 1984).

#### 3.4.1.1. Поверхностные слои

В озерах и морях численность сапробитов максимальна в поверхностных слоях донных отложений и с глубиной уменьшается (Никитина, 1965; Нечесов, 1983; Арковска, 1983; Bell, Dutka, 1972; Bensoissan, Bianchi, 1983). Обнаружена обратная зависимость числа гетеротрофных бактерий от глубины залегания слоя ила (Тополов, 1982) и логарифмическое уменьшение числа бактерий с глубиной (Vandergrast, 1972).

Исследования распределения сапробитов в зависимости от типа грунта в лентических системах имеют противоречивые результаты. По литературным данным, относящимся к озерам (Кутлиев,

1969; Александров, 1978) и водоохранилищам (Сорокин, 1958; Ярулек, 1978), максимальные значения сапрофитов наблюдается в илах (по сравнению с песками); число сапрофитов увеличивается с приростом фракций ила и глины в осадках (Shaffer, Onuf, 1983). Однако при изучении донных осадков Балтийского моря установлено, что не существует четкой зависимости между численностью сапрофитов и гранулометрическим составом грунта (Юрковска, 1983).

В малых реках Латвии наблюдается численное доминирование сапрофитов в поверхностных слоях осадков по сравнению с глубинными, в среднем в 2,4 раза (от 1,3 раза в мелкозернистых песках до 3,8 раза в песчаном иле). Максимальная численность сапрофитов отмечалась нами в поверхностных слоях песчаного ила, минимальная - в детрите (рис. 6). Зандмане (1984) установила, что число сапрофитов в грунтах зависит от сезона, гранулометрической структуры грунта и стадии разложения остатков растительности. Очевидно, в нашем случае детрит имеет аллохтонное происхождение и низкую стадию разложения, тогда как гранулометрическая структура песчаного ила, а также глины и суглинков способствует развитию сапрофитов.

Хотя различия средних данных числа сапрофитов в осадках различных типов довольно значительные, при учете стандартных отклонений разница между этими величинами незначительная (прилож. 10).

#### 3.4.1.2. Глубинные слои

Наименьшее число сапрофитов в глубинных слоях отмечается в торфянистых донных осадках, что, очевидно, связано с наличием лигнино-гумусового комплекса при низком окислительно-восстановительном потенциале. В большинстве случаев количество сапрофитов составляет около 30,0 тыс. кл/г (прилож. 10). Наивысшие значения

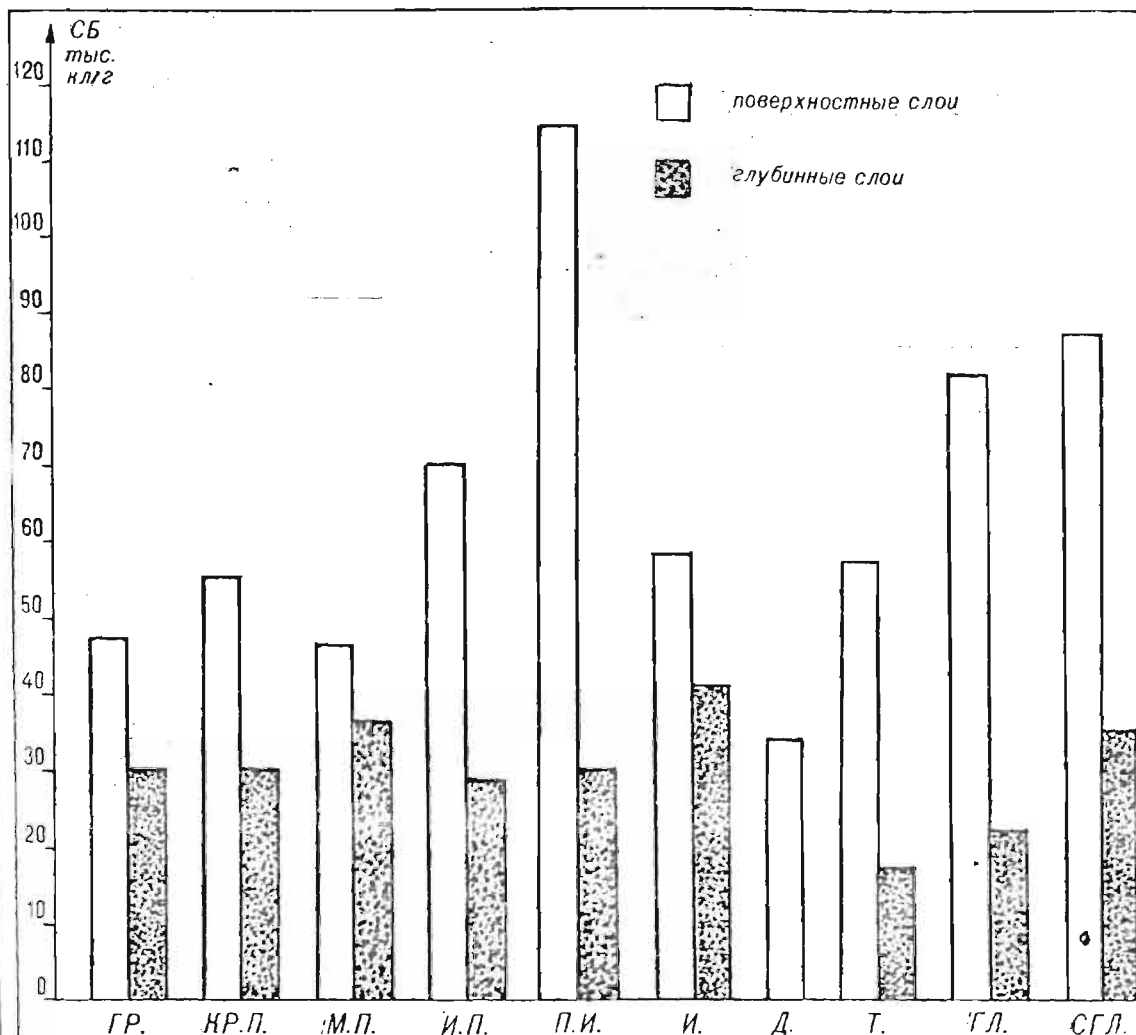


Рис.6

Число сапрофитных бактерий (СБ: тыс. кл/г) разнотипных донных отложений в фоновых биотопах.

Типы донных отложений:

ГР. - гравий

КР.П. - крупнозернистый песок

М.П. - мелкозернистый песок

И.П. - илистый песок

П.И. - песчаный ил

И. - ил

Д. - детрит

Т. - торф

ГЛ. - глина

СГЛ. - суглинки

числа сапрофитов наблюдаются в иле - около 40,0 тыс.кл./г, что можно объяснить составом и количеством органических веществ, так как нами установлена высокая положительная корреляция между числом сапрофитов и концентрацией органических веществ в глубинных слоях ила:  $r_{\alpha; \beta} = 0,960$  ( $\alpha = 0,01$ ).

Хотя в целом средние данные численности сапрофитов в глубинных слоях грунтов ниже, чем в поверхностных, существенных различий между этими величинами не установлено, так как амплитуда колебаний численности значительная и стандартные отклонения велики (прилож. 10). В озерах разница между численностью гетеротрофных бактерий экранирующего и глубинных слоев выражена ярче (Тополов, 1982; Vanderpost, 1972). Очевидно, в лотических системах активный слой седиментов более глубокий, чем в лентических, что во многом обусловлено действием течения воды, способствующим проникновению кислорода и легкоусвояемых микроорганизмами веществ вглубь седиментов.

#### 3.4.2. Олигокарбофильные бактерии

Существует большая разница между общей численностью микроорганизмов на фильтрах и числом микроорганизмов, растущих на питательных средах. Это обусловлено тем, что значительная часть видов принадлежит к олигокарбофильным бактериям, для которых высокая концентрация органических веществ ядовита или задерживает их развитие (Кузнецов, 1970). Известно, что на среде Горбенко вырастает в 5-10 раз больше колоний, чем на полной среде (Романенко, 1985). Олигокарбофильные бактерии не специальная таксономическая группа, а содержит микроорганизмы почти всех групп бактерий. Они характерны тем, что имеют высокое соотношение "поверхность/объем" и высокое притяжение к субстрату, а также обладают

способностью изменять тип метаболизма из-за наличия множества индуцируемых ферментов (Kobayashi, Rittmann, 1982).

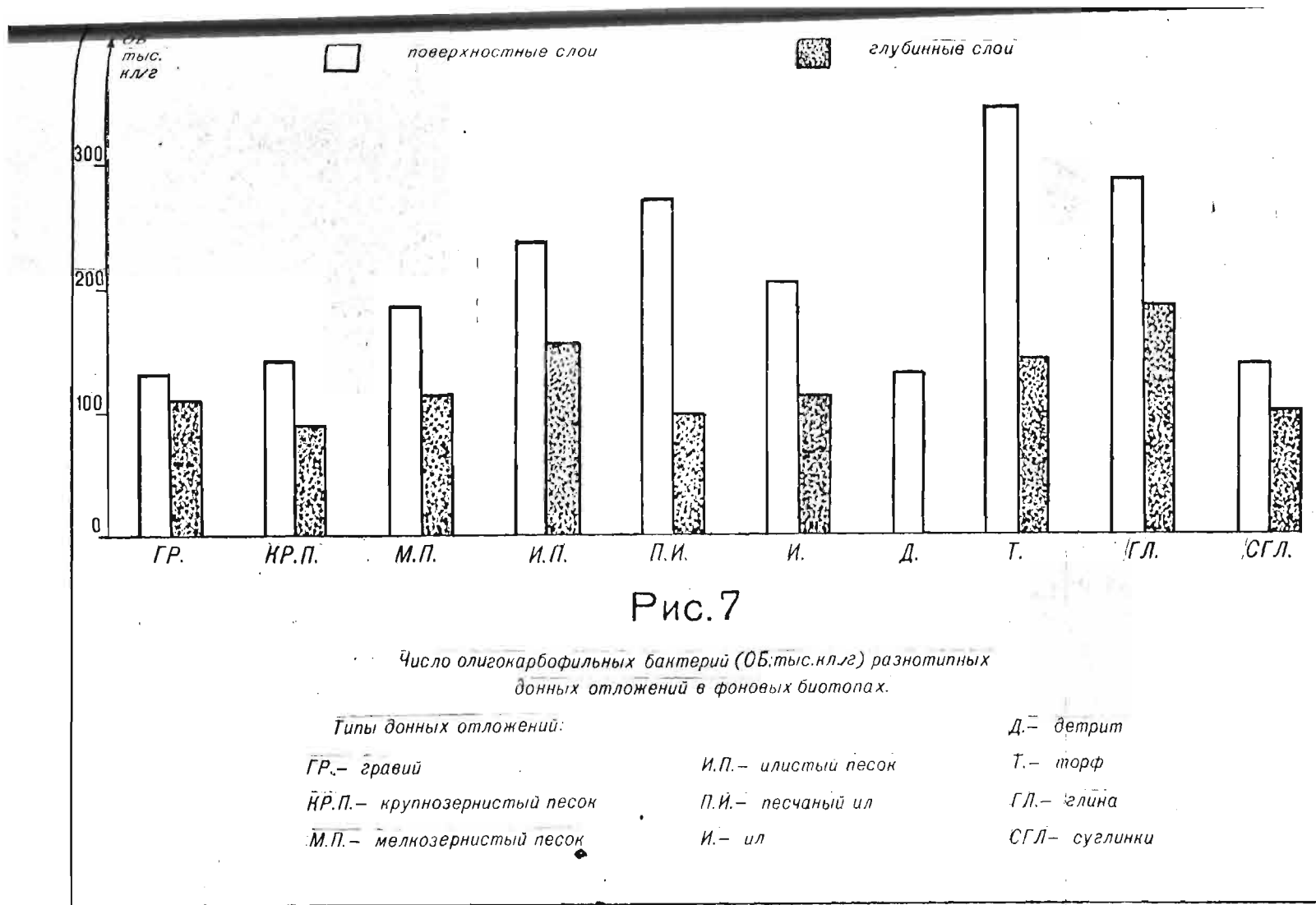
Олигокарбофильные бактерии доминируют в местах с низкой концентрацией доступных органических веществ (Malloy et al., 1977). С возрастанием трофии водоема число олигокарбофилов увеличивается (Буторин, 1986), так же как и величина отношения числа сапрофитов к олигокарбофилам (Винберг, 1973; Гавришова, 1986). Таким образом, численность олигокарбофилов можно использовать при оценке загрязнения и уровня трофии водных систем.

Распределение олигокарбофилов в донных отложениях изучено мало. Установлено, что в осадках оз. Байкал их число составляет от 2,0 до 456,0 тыс.кл./г с максимальными значениями в районе сброса сточных вод ЦБК (Максимова и др., 1983), а в грунтах озер Карелии число олигокарбофилов отмечается в пределах от 70,0 тыс. кл./г до 2,4 млн.кл./г (Буторин, 1986). Литературные данные о развитии олигокарбофилов в донных отложениях дотических систем отсутствуют.

#### 3.4.2.1. Поверхностные слои

Наиболее населенным слоем независимо от типа грунта является пограничный слой "вода-донные отложения" (рис. 7). Максимальные значения числа олигокарбофилов отмечены в торфянистых донных осадках (рис. 7), что, очевидно, обусловлено степенью усвояемости органических веществ, способствующей развитию олигокарбофилов по сравнению с сапрофитами, число которых в торфе не отличается высокими значениями (рис. 6). Наименьшие количества олигокарбофилов содержат детритные и гравийные донные осадки (рис. 7), что объясняется низкой степенью разложения детрита и крупными размерами частиц гравия.

В целом амплитуда колебаний численности олигокарбофильных



бактерий, как и сапрофитов, большая, и, учитывая значения стандартных отклонений, достоверно четких различий между распределением олигокарбофилов в разных типах седиментов не установлено (прилож. II).

#### 3.4.2.2. Глубинные слои

В глубинных слоях грунтов количество олигокарбофилов в среднем в 1,7 раза ниже, чем в поверхностных, при этом наименьшие различия отмечаются в гравии (в 1,2 раза), наибольшие - в песчаном илу (в 2,8 раза) (прилож. II). Это подтверждает наше мнение о том, что в лотических системах вследствие воздействия течения активный слой седиментов превышает несколько верхних миллиметров.

Наивысшие средние значения числа олигокарбофилов отмечаются в глубинных слоях глинистых, илесто-песчаных и торфянистых грунтов, наименьшие - в крупнозернистом песке (рис. 7).

Средние данные численности олигокарбофилов не выявляют значительных различий не только между поверхностными и глубинными слоями, но и между глубинными слоями донных отложений разных типов. Это еще раз подтверждает, что гранулометрический состав седиментов не является определяющим фактором распределения микроорганизмов в грунтах малых рек Латвии.

#### 3.4.3. Гнилостные бактерии

Гнилостные бактерии в отличие от сапрофитных и олигокарбофильных бактерий являются гетеротрофными факультативными анаэробами. В анаэробных условиях при разложении органических веществ они выделяют сероводород, являясь чувствительными показателями наличия легкоокисляемых органических веществ в среде (Никитина,

1955).

Установлено, что количество сероводородообразующих бактерий в донных отложениях увеличивается под влиянием удобрений, попадающих в реку при диффузном стоке с водосборной площади (Starzewska et al., 1988). Диффузный сток является главным антропогенным воздействием на малые реки Латвии, поэтому изучение гетеротрофных факультативно анаэробных бактерий позволяет уточнить состояние загрязненности грунтов.

### 3.4.3.1. Поверхностные слои

Наивысшая численность гнилостных бактерий отмечена в поверхностных слоях илисто-песчаных и торфянистых донных осадков, наименьшая - в крупнозернистом песке (рис. 8).

Распределение гнилостных бактерий в поверхностных слоях седиментов малых рек в значительной мере обусловлено окислительно-восстановительными условиями среды: наблюдается тенденция увеличения числа гнилостных микроорганизмов с уменьшением  $E_h$  и  $pH_2$ . Между числом данных бактерий и  $E_h$  и  $pH_2$  установлены отрицательные коэффициенты корреляции  $r_{\rho;n}$ :  $-0,298$  ( $\rho = 0,01$ ) и  $-0,360$  ( $\rho = 0,01$ ) соответственно. Однако учитывая, что развитие любой части биоценоза определяется комплексом факторов среды, число гнилостных бактерий зависит также от других величин, характеризующих грунты.

Как и в случае аэробных гетеротрофов, число гнилостных бактерий в поверхностных слоях разнотипных донных осадков колеблется в довольно широких пределах. Поэтому четкие различия отмечаются лишь между численностью гнилостных бактерий в крупнозернистом песке и глине, а также в песчаном илу и торфе. В остальных случаях при учете стандартных отклонений различия несущественны (прилож. 12).



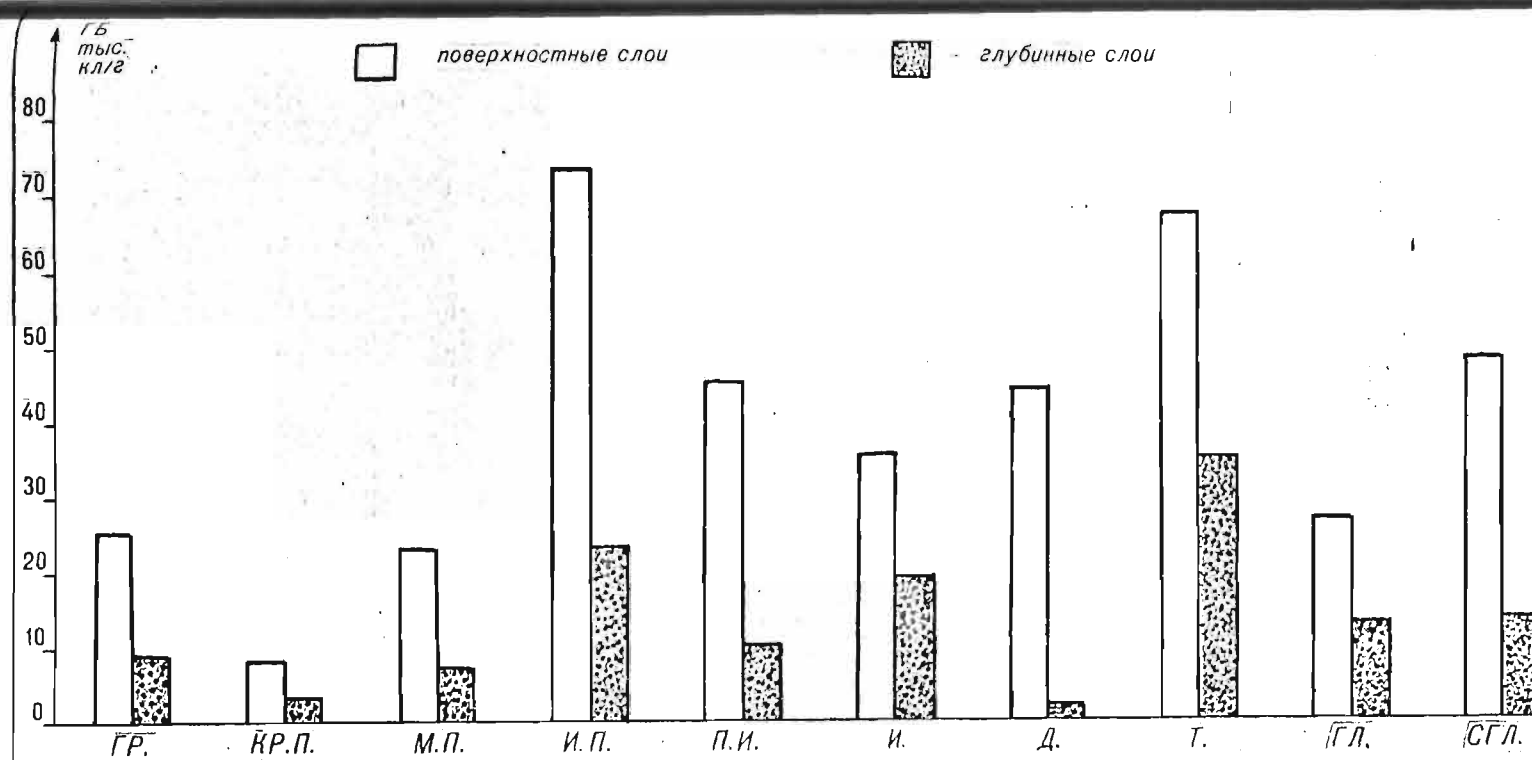


Рис.8

Число гнилостных бактерий (ГБ, тыс. кл/г) разнотипных донных отложений в фоновых биотопах.

Типы донных отложений:

ГР. — гравий

КР.П. — крупнозернистый песок

М.П. — мелкозернистый песок

И.П. — ил

П.И. — песчаный ил

И. — ил

Д. — детрит

Т. — торф

ГЛ. — глина

СГЛ. — суглинки

### 3.4.3.2. Глубинные слои

Можно было бы ожидать, что нет значительных различий в численности гнилостных бактерий с увеличением глубины слоя залегания седиментов, поскольку их развитие не требует высоких значений окислительно-восстановительного потенциала. Однако число гнилостных бактерий с глубиной снижается (рис. 8), причем разница между численностью гнилостных бактерий поверхностных и глубинных слоев сравнительно высокая - в среднем в 2,8 раза (от 1,8 раза в илистых грунтах до 23,2 раза в детрите).

Хотя количество гнилостных бактерий с глубиной снижается, существенные различия между численностью гнилостных бактерий в поверхностных и глубинных слоях при учете стандартных отклонений отмечаются лишь в крупнозернистом песке (прилож. 12). Различия числа гнилостных бактерий глубинных слоев разнотипных донных отложений существенны лишь между крупнозернистым песком и торфом (прилож. 12).

В целом максимальное количество гнилостных бактерий в связи со спецификой строения седиментов наблюдается в торфе. Далее следуют илистые и глинистые донные осадки, наиболее бедны гравийные и песчаные грунты (рис. 8).

Распределение гнилостных бактерий в глубинных слоях, так же как и в поверхностных, подтверждает, что гранулометрический состав грунта не играет определяющей роли в развитии данной группы микроорганизмов.

### 3.5. Темновая ассимиляция $C^{14}O_2$ как показатель гетеротрофной активности микроорганизмов

Темновая ассимиляция  $CO_2$  в воде и илах водоемов является суммарной величиной гетеротрофной ассимиляции и хемосинтеза, однако в большинстве водоемов в естественных биоценозах гетеротрофная ассимиляция явно преобладает над хемосинтезом (Романенко, 1963, 1964 а, б, в, 1967, 1971 а, б). Темновая ассимиляция в природных водоемах осуществляется главным образом аэробными и факультативно анаэробными хемоорганотрофными микроорганизмами - гетеротрофными бактериями, компенсирующими в анаэробических реакциях карбоксилирования расход промежуточных продуктов при работе цикла трикарбоновых кислот на биосинтез клетки (Чеботарев, 1988). В воде темновое поглощение  $CO_2$  представляет собой довольно постоянную величину (около 5%) от продукции микробальной биомассы (Кузнецов и др., 1966).

Гетеротрофная активность связана со степенью трофии водоема - наивысшей она является в высокопродуктивных озерах, наименьшей - в олиготрофных озерах, поэтому может применяться для характеристики биосинтетической активности гетеротрофных микроорганизмов (Романенко, 1964; Чеботарев, 1984, 1988). Установленная связь между гетеротрофной активностью и жизнедеятельностью бактерий; а также деструкцией органического вещества позволяет использовать гетеротрофную ассимиляцию как показатель активности гетеротрофных микроорганизмов (Романенко, 1964 б, в, 1966, 1985). В водоемах, где отсутствуют специальные условия, необходимые для жизнедеятельности хемолитотрофных организмов и анаэробных фототрофных бактерий, показателем функциональной активности гетеротрофных микроорганизмов может служить темновая ассимиляция (Чеботарев, 1988).

Величины темновой ассимиляции наивысшие при высокой температуре воды и активном образовании первичной продукции (Тифенбах, 1983; Чеботарев, 1984). Установлена положительная корреляция включения  $C^{14}$  бикарбоната в протеин клетки с температурой воды (Ll, Dickie, 1987), хотя существует и такое мнение, что активность бактерий на поверхности седиментов мало зависит от температуры (Буторин, 1984).

Значения темновой ассимиляции в грунтах малых рек Латвии в летнюю межень отмечаются в широких пределах: от 0,001 до 0,68 мкг/С/кг в сутки (прилож. 7). Большие амплитуды значений темновой ассимиляции отмечены также в отдельных типах донных осадков, поэтому достоверных различий между величинами темновой ассимиляции в зависимости от типа грунта нами не найдено (табл. 5).

В донных отложениях условно нетронутых биотопов темновая ассимиляция составляет в среднем 0,030 мкг/С/кг·сут. Это согласуется с данными о величине темновой ассимиляции в поверхностном слое иловых отложений Рыбинского водохранилища (Буторин, 1984), однако колебания величины темновой ассимиляции в лотической среде гораздо значительнее, чем в лентической, при этом не наблюдается ярко выраженного превышения темновой ассимиляции в поверхностных слоях по сравнению с глубинными (табл. 5).

Рассматривая связь темновой ассимиляции с показателями бактериобентоса, нами установлено, что между общей численностью бактериобентоса и величиной темновой ассимиляции нет корреляционных отношений ни в целом, ни в поверхностных и глубинных слоях в частности. Не наблюдается существенной корреляции также в отдельных типах грунтов (табл. 6).

Однако некоторые достоверные положительные отношения обнаружены между числом гетеротрофных аэробных бактерий - сапрофитов и олигокарбофилов и величиной темновой ассимиляции в поверхност-

Таблица 5

Темновая ассимиляция  $C^{14}O_2$  (мкг С/кг сырого грунта в сутки) в седиментах условно нетронутых ( I ), подверженных умеренному ( II ) и сильному ( III ) антропогенному воздействию

Тип грунта, слой	I		II		III	
	n	$C_t \pm S$	n	$C_t \pm S$	n	$C_t \pm S$
Гравий, пов.	3	0,010 $\pm$ 0,06	2	0,025 $\pm$ 0,019	1	0,007
глуб.	2	0,015 $\pm$ 0,013	4	0,016 $\pm$ 0,012	1	0,021
Крупнозерн. песок, пов.	3	0,012 $\pm$ 0,009	-	-	2	0,063 $\pm$ 0,061
глуб.	2	0,044 $\pm$ 0,057	6	0,012 $\pm$ 0,007	3	0,243 $\pm$ 0,381
Мелкозерн. песок, пов.	3	0,022 $\pm$	2	0,028 $\pm$ 0,039	1	0,011
глуб.	4	0,009 $\pm$ 0,010	3	0,019 $\pm$ 0,017	2	0,005 $\pm$ 0,006
Илистый песок, пов.	3	0,037 $\pm$ 0,028	4	0,012 $\pm$ 0,012	5	0,037 $\pm$ 0,008
глуб.	1	0,018	2	0,024 $\pm$ 0,032	3	0,017 $\pm$ 0,013
Песчаный ил, пов.	3	0,044 $\pm$ 0,054	2	0,053 $\pm$ 0,023	1	0,147
глуб.	1	0,017	-	-	1	0,014
Ил, пов.	2	0,013 $\pm$ 0,011	3	0,017 $\pm$ 0,006	-	-
глуб.	1	0,128	-	-	-	-
Детрит, пов.	-	-	1	0,002	-	-
глуб.	-	-	-	-	-	-
Торф, пов.	-	-	-	-	1	0,007
глуб.	-	-	1	0,005	-	-
Глина, пов.	1	0,002	-	-	-	-
глуб.	2	0,030 $\pm$ 0,032	-	-	-	-
Суглинки, пов.	-	-	-	-	-	-
глуб.	-	-	-	-	-	-

В среднем пов. слой	0,020	0,023	0,045
глуб. слой	0,037	0,015	0,060
в целом	0,028	0,019	0,052

n - объем выборки,  $C_t$  - темновая ассимиляция, S - стандартное отклонение

Таблица 6

Коэффициент корреляции  $r_{\alpha; n}$  между величиной темновой ассимиляции  $C^{14}O_2$  и общей численностью бактериобентоса в разнотипных донных отложениях (летняя межень, 1983 г.)

Тип донных отложений	Поверхностный слой		Глубинные слои			
	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$
Гравий	8	-0,013		9	-0,015	
Крупнозернистый песок	5	-0,168		11	0,201	
Мелкозернистый песок	6	-0,362		8	-0,282	
Алистый песок	12	-0,414		6	0,075	
Песчаный ил	6	-0,238		2	-	
Ил	5	0,635		1	-	
Детрит	1	-		-	-	
Торф	1	-		1	-	
Глина	1	-		2	-	
Суглинки	-	-		1	-	
В целом по слоям	45	-0,079		41	0,020	

В целом поверхностные и глубинные слои  $r_{\alpha; n} = -0,034$  (n = 86).

n - объем выборки,  $\alpha$  - уровень существенности.

ных слоях донных отложений (табл. 7). Между величинами темновой ассимиляции и числом сапробитов коэффициент корреляции также положительный в целом (табл. 7). Достоверных связей не установлено нами между числом гнилостных бактерий и темновой ассимиляцией ни в целом, ни в поверхностных и глубинных слоях в отдельности (табл. 7).

Таким образом, установленные нами положительные связи между количеством аэробных гетеротрофов - сапробитов и олигокарбонатов - и темновой ассимиляцией  $C^{14}O_2$ , может служить показателем их функциональной активности в грунтах.

Нами наблюдалась также некоторая тенденция прироста величин темновой ассимиляции в седиментах при увеличении влияния антропогенных факторов, но при учете больших стандартных отклонений от средних величин четких изменений не отмечается (табл. 5).

Изучение гетеротрофных микроорганизмов в донных осадках показало, что их численность имеет большие пределы колебаний, обусловленные в основном разным объемом органического загрязнения, поступающего в реки вследствие антропогенной деятельности. Четко определенной зависимости числа гетеротрофов от типа донных осадков нами не установлено. Наблюдается тенденция численного доминирования этих микроорганизмов в поверхностных слоях грунтов по сравнению с глубинами. Аэробные гетеротрофы имеют достоверную положительную связь с величиной темновой ассимиляции.

Таблица 7

Коэффициенты корреляции  $r_{\mathcal{L};n}$  между величиной темновой ассимиляции  $C^{14}O_2$  и численностью сапрофитных ( I ), олигокарбофильных ( II ) и гриболюбных ( III ) бактерий в разнотипных донных отложениях ( летняя межень 1983 г. )

Тип донных отложений	I						II						III					
	Поверх. слой			Глубинные слои			Поверх. слой			Глубинные слои			Поверх. слой			Глубинные слои		
	n	$r_{\mathcal{L};n}$	$\mathcal{L}$	n	$r_{\mathcal{L};n}$	$\mathcal{L}$	n	$r_{\mathcal{L};n}$	$\mathcal{L}$	n	$r_{\mathcal{L};n}$	$\mathcal{L}$	n	$r_{\mathcal{L};n}$	$\mathcal{L}$	n	$r_{\mathcal{L};n}$	$\mathcal{L}$
Гравий	5	-0,302		7	-0,166		6	-0,281		7	0,257		2	-		3	-	
Крупнозернистый песок	6	0,753	0,1	11	0,478		6	0,716		11	0,162		2	-		3	-	
Мелкозернистый песок	5	-0,377		8	-0,193		6	-0,387		9	-0,095		2	-		4	0,906	0,1
Илистый песок	12	0,335		6	-0,170		11	0,289		6	-0,124		6	0,443		5	0,438	
Песчаный ил	5	0,762		2	-		6	0,758	0,1	2	-		4	0,227		1	-	
Ил	5	0,170		1	-		5	0,375		1	-		4	0,426		1	-	
Детрит	1	-		-	-		1	-		-	-		-	-		-	-	
Торф	1	-		1	-		1	-		1	-		-	-		1	-	
Глина	1	-		2	-		1	-		2	-		1	-		1	-	
Суглинки	-	-		-	-		-	-		-	-		-	-		-	-	
В целом по слоям	41	0,307	0,05	38	0,228		43	0,346	0,02	39	0,050		21	0,197		19	0,064	
В целом пов. и глуб. слоев	$r_{\mathcal{L};n} = 0,306$ ( n = 79; $\mathcal{L} = 0,1$ )						$r_{\mathcal{L};n} = 0,103$ ( n = 82 )						$r_{\mathcal{L};n} = 0,158$ ( n = 40 )					

n - объем выборки;  $\mathcal{L}$  - уровень существенности



## Глава 4. СВЯЗЬ БАКТЕРИОБЕНТОСА С ФАКТОРАМИ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Развитие бактериобентоса как части биоценоза связано с целым рядом факторов среды.

Исследования седиментов малых рек показали, что активность бактерий определяет характер донных отложений, количество растворенных органических веществ (Bott, Kaplan, 1985). Решающим фактором развития биомассы микроорганизмов в морских седиментах является присутствие органических веществ (Жукова, 1955), свет, температура, концентрация хлорофилла "а", величина частиц субстрата (Shaffer, Onuf, 1983).

Изучение зависимостей между компонентами экосистемы, которые дают возможность выявить их функциональное значение и объединяющие их причинные связи, является актуальной задачей (Винберг, 1988), поэтому нами рассматривается связь показателей бактериобентоса с рядом факторов окружающей среды.

### 4.1. Влияние основных гидрологических факторов на развитие бактериобентоса

Гидрологический режим является одним из первостепенных факторов, регулирующих развитие биоценозов (Haet, 1949; Hawkes, 1975; Pitwell, 1975; Hawkins et al., 1982), в том числе и микробных (Решеткова, 1976; Хороших, 1985; Nutall, 1982; Mc Dowell, 1984).

При этом существенное влияние течение оказывает на биотическое сообщество косвенно - посредством своего воздействия на природу субстрата (Hawkes, 1975; Thorup, Lindegaard, 1977; Hawkins et al., 1982; Tolkamp, 1982).

#### 4.1.1. Связь бактериобентоса поверхностных слоев донных отложений со скоростью течения воды

Скорость течения не является детерминирующим фактором развития бактериобентоса ни в целом, ни в разных типах грунтов в отдельности, так как все коэффициенты корреляции между скоростью течения и общей численностью микроорганизмов ниже критических значений (табл. 3).

Более сложные отношения существуют между скоростью течения и числом гетеротрофных бактерий. Так, в целом между числом сапрофитов поверхностных слоев седиментов и скоростью течения существует слабая отрицательная корреляция при низком уровне существенности:  $r_{\rho;v} = -0,225$  ( $n = 62$ ;  $\alpha = 0,1$ ). Однако в большинстве типов донных отложений между числом сапрофитов и скоростью течения коэффициенты корреляции, имеющие отрицательные значения, несущественны (табл. 8). Исключением является мелкозернистый песок, в котором существует достоверная положительная связь:  $r_{\rho;v} = 0,774$  ( $n = 8$ ;  $\alpha = 0,05$ ). Возможно, это объясняется высокой скоростью течения над мелкозернистыми седиментами (табл. I).

Установлено, что в жизнедеятельности водорослей первостепенное значение имеет не скорость, а режим течения - ламинарный или турбулентный. Турбулентное течение обеспечивает лучшие условия для роста и размножения водорослей, относительно быстро накапливаются необходимые для деления клеток вещества (Быковский, 1984). Скорость течения, необходимая для превращения ламинарного течения в турбулентное, является одним из главных элементов, обуславливающих связь между скоростью течения и скоростью оседания седиментов. Эта связь линейная - чем меньше седименты, тем выше скорость течения, вызывающая турбуленцию (Iman, 1949).

Таблица 3

Коэффициенты корреляции  $r_{\rho}$  между скоростью течения и общей численностью микроорганизмов ( I ), числом сапробитных ( II ), олигокарбофильных ( III ) и гнилостных ( IV ) бактерий поверхностных слоев разнотипных донных отложений

Тип донных отложений	I			II			III			IV		
	n	$r_{\rho}$	$\alpha$	n	$r_{\rho}$	$\alpha$	n	$r_{\rho}$	$\alpha$	n	$r_{\rho}$	$\alpha$
Гравий	13	-0,365		12	-0,195		13	-0,177		9	0,692	0,05
Крупнозернистый	6	0,291		6	-0,583		6	-0,574		2	-	
Мелкозернистый песок	7	0,036		8	0,774	0,05	9	0,597	0,1	7	0,341	
Илистый песок	15	-0,313		15	0,036		14	0,052		9	-0,291	
Песчаный ил	6	-0,291		5	-0,631		6	-0,466		4	-0,520	
Ил	9	-0,508		9	-0,446		9	-0,492		8	0,312	
Детрит	-	-		1	-		1	-		-	-	
Торф	4	0,153		4	-0,585		4	-0,558		3	-	
Глина	1	-		1	-		1	-		1	-	
Суглинки	-	-		1	-		1	-		1	-	
В целом	62	-0,124		62	-0,225	0,1	64	-0,135		44	-0,073	

n - объем выборки;  $\alpha$  - уровень существенности.

Очевидно, именно над мелкозернистым песком скорость течения оптимальная для образования турбулентного режима, тогда как в целом при повышенной скорости течения происходит слабое снижение числа сапрофитов.

Скорость течения не оказывает существенного влияния на распределение олигокарбофилов в грунтах. Между их числом в поверхностных слоях седиментов в целом и скоростью течения достоверная связь не установлена ( $r_{c;n} = -0,135$  ( $n = 64$ )).

Рассматривая связь олигокарбофилов со скоростью течения в отдельных типах грунтов, видно, что коэффициенты корреляции схожи с таковыми между числом сапрофитов и скоростью течения (табл. 8).

Между числом гнилостных бактерий и скоростью течения достоверной связи нами не обнаружено ( $r_{c;n} = 0,073$  ( $n = 44$ )) и значения коэффициентов корреляции в отдельных типах грунтов не свидетельствуют об определенной тенденции в отношениях между количеством гнилостных бактерий и скоростью течения. Лишь в гравийных седиментах отмечается существенная положительная связь между данными величинами (табл. 8).

#### 4.1.2. Связь бактериобентоса поверхностных слоев донных отложений с расходом воды

Расход воды по сравнению со скоростью течения является более интегральным экологическим фактором. В воде общая численность микроорганизмов увеличивается при нарастании расхода воды (Решеткова, 1976; Хороших, 1985; Nutall, 1982; Mc Dowell, 1984), максимум числа сапрофитов отмечается после спада паводков до нормального уровня (Решеткова, 1976). Развитие общей численности бактериобентоса имеет достоверную слабо выраженную обратную зависимость от расхода воды - коэффициент корреляции  $r_{c;n} = -0,270$

( $n = 56$ ;  $\alpha = 0,05$ ). Рассматривая взаимосвязь расхода воды с общей численностью бактериобентоса по типам донных отложений, достоверных корреляционных отношений нами не обнаружено, возможно, из-за малого объема показателей (табл. 9).

В донных отложениях паводки промывает или, заносит их песками, вследствие чего наблюдается снижение общей численности бактериобентоса (Сорокин, 1985). Очевидно, именно промыванием донных отложений при увеличении расхода воды можно объяснить полученную нами обратную связь между расходом воды и общей численностью бактериобентоса. Однако с увеличением расхода воды обычно возрастает концентрация привнесенных адлохтонных веществ и увеличивается турбулентность движения воды, способствующие развитию микробиоценозов, поэтому обнаруженная обратная зависимость слабая.

Полученный нами коэффициент корреляции между числом сапрофитов в грунтах и расходом воды очень низкий и не является достоверным:  $r_{\alpha;n} = -0,154$  ( $n = 54$ ).

Рассматривая связь расхода воды с числом сапрофитов в грунтах разных типов, видно, что в большинстве случаев коэффициенты корреляции имеют отрицательное значение, но эти корреляции недостоверны (табл. 9). Исключением является крупнозернистый песок, в котором между расходом воды и числом сапрофитов существует высокая положительная связь:  $r_{\alpha;n} = 0,937$  ( $n = 4$ ;  $\alpha = 0,1$ ). Надо отметить, что именно в крупнозернистом песке положительную, хотя несущественную, корреляцию с расходом воды имеет общая численность бактериобентоса:  $r_{\alpha;n} = 0,861$  ( $n = 4$ ). Значения скорости течения и расхода воды над крупнозернистым песком соответствуют средним величинам (0,25 м/с и 0,47 м<sup>3</sup>/с). Возможно, что именно этим обусловлено существование положительной связи между расходом воды и развитием сапрофитов.

Таблица 9

Коэффициенты корреляции  $r_{\alpha; n}$  между расходом воды и общей численностью микроорганизмов ( I ), числом сапрофитных ( II ), олигокарбофильных ( III ) и гнилостных ( IV ) бактерий поверхностных слоев разнотипных донных отложений

Тип донных отложений	I			II			III			IV		
	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$
Гравия	13	0,233		12	-0,365		13	-0,367		9	0,261	
Крупнозернистый песок	4	0,851		4	0,937	0,1	4	0,060		2	-	
Мелкозернистый песок	9	-0,536		8	-0,341		9	-0,161		7	-0,229	
Илистый песок	15	-0,362		15	-0,059		14	-0,010		9	-0,292	
Песчаный ил	6	-0,316		5	-0,593		6	-0,314		4	0,299	
Ил	5	-0,740		5	-0,316		5	0,462		4	0,857	
Детрит	1	-		1	-		1	-		-	-	
Торф	2	-		2	-		2	-		2	-	
Глина	1	-		1	-		1	-		1	-	
Суглинки	-	-		1	-		1	-		1	-	
В целом	56	-0,270	0,05	54	-0,154		56	-0,074		39	-0,094	

Развитие олигокарбофилов, так же как и сапрофитов, не связано с влиянием расхода воды. Математическая обработка данных показывает, что между расходом воды и числом олигокарбофилов в целом практически нет никаких корреляционных связей:  $r_{\infty; n} = -0,074$  ( $n = 56$ ).

Недостовверными являются коэффициенты корреляции в донных отложениях разных типов (табл. 9).

Между числом гнилостных бактерий и расходом воды в биотопе, так же как и со скоростью течения, нет определенных отношений. Коэффициент корреляции в целом между этими величинами незначителен:  $r_{\infty; n} = -0,094$  ( $n = 39$ ).

Нет четкой тенденции к определенным связям между расходом воды и числом гнилостных бактерий в различных типах седиментов (табл. 9).

#### 4.2. Влияние температурных условий на развитие бактериобентоса

В лентических системах развитие бактериобентоса зависит от температуры среды (Никитина, 1955; Иватин, 1988; De Flaun, Mauret, 1983; Irtiberi et al., 1988), которая влияет также на активность микробиологических процессов в седиментах (Ryding, 1985; Li, Dickie, 1987). Температура воды относится к физическим детерминантам также в лотической среде (Newkes, 1975), однако роль температуры в микрораспределении бактерий на частицах грунта и развитие первичной продукции минимальная (Shaffer, Onuf, 1983; Downing, Kath, 1988). Максимальные значения общей численности в седиментах лентических систем отмечены в разные периоды года - осенью (Авдеев, 1987), несколько раз в году (Драбкова, 1975; Гоман, 1976; Ярушек, 1978), а в большинстве случаев для водоемов разных географических зон - в летнюю межень (июнь-август) (Ники-

тина, 1955; Сорокин, 1958; Жукова, 1959; Иватин, 1969; Антипчук, 1971; Доки, 1971; Михайленко, 1972; Головки и др., 1982; De Flauin, Mayer, 1983; Quinn et al., 1985). Однако имеются исследования, указывающие на отсутствие сезонной зависимости развития бактериобентоса (Vandecast, 1972).

В текучих водах пики максимума числа бактериобентоса проявляются несколько раз в году в млах; тогда как в песках эти пики в сезонном аспекте не выражены (Montagna et al., 1983).

В донных отложениях лентических водоемов максимальные значения сапрофитов отмечаются весной в подледный период (Гоман, 1976) или летом (Иватин, 1978; Авдеев, 1987). В воде малых рек Прибайкалья максимум числа сапрофитов установлен весной, минимум - в середине лета (Решеткова, 1976), а в воде фоновой малой реки Латвии отмечены два максимума - весной и осенью, и два минимума - в летнюю и зимнюю межень (Зандмане, 1984). Очевидно, существенно влияние привнесенных паводками аллохтонных веществ на микрогидробиоценоз, но не на бактериобентос. При этом отмечается отрицательная связь числа сапрофитов с увеличением скорости течения, характерного периода паводков (табл. 8).

В поверхностных слоях грунтов малых рек Латвии максимальные значения общей численности микроорганизмов наблюдаются летом, однако в глубинных слоях (5-10 см) определенной связи по сезонам не обнаружено (прилож. 13). Все же при учете стандартных отклонений различия общей численности бактериобентоса по сезонам не существенны как в глубинных, так и в поверхностных слоях грунтов (прилож. 13).

Математическая обработка материала подтверждает, что между общей численностью бактериобентоса поверхностных слоев и температурой среды не существует достоверной корреляции ни в целом,



ни по типам донных осадков (табл. 10). Исключением являются торфянистые грунты, в которых установлена отрицательная связь между данными величинами (табл. 10), возможно, из-за разбухания торфа и затруднения обмена между водой и седиментами при повышении температуры, вследствие чего ухудшаются условия развития бактериобентоса.

Отсутствие корреляционных отношений между общей численностью бактериобентоса и температурой донных отложений мы обнаружили и в летней межень при сходном для всех рек температурном режиме:

$$r_{\alpha; n} = -0,125 \quad (n = 67).$$

Таким образом, температура среды не является фактором, определяющим величину общей численности микроорганизмов в седиментах малых рек Латвии.

Различия между средним сезонным числом сапрофитов при учете стандартных отклонений незначительны, но в целом максимальные значения наблюдаются летом, минимальные - зимой (прилож. 10).

Математический анализ связи числа сапрофитов поверхностных слоев грунтов с температурой указывает на существование слабой положительной корреляции между этими величинами:  $r_{\alpha; n} = 0,239$  ( $n = 135$ ;  $\alpha = 0,01$ ). При этом положительные значения коэффициентов корреляции отмечаются в большинстве типов седиментов, хотя достоверной корреляция является лишь в детрите (табл. 10).

Число олигокарбофилов имеет высокую корреляцию с числом сапрофитов ( $r_{\alpha; n} = 0,892$ ;  $n = 292$ ,  $\alpha = 0,01$ ), но природа их связи с параметрами окружающей среды не всегда совпадает. Так, максимальные значения количества олигокарбофилов в целом, а также в большинстве исследованных типов грунтов отмечаются осенью (прилож. 15).

Считаем, что осенний максимум олигокарбофилов вызван главным

Таблица 10

Коэффициенты корреляции  $r_{\alpha; n}$  между температурой и общей численностью микроорганизмов ( I ), численностью сапрофитных ( II ), олигокарбофильных ( III ) и гнилостных ( IV ) бактерий поверхностных слоев разнотипных донных отложений

Тип донных отложений	I			II			III			IV		
	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$
Гравий	19	-0,015		20	0,108		21	0,086		18	0,263	
Крупнозернистый песок	9	-0,010		9	0,522		8	0,493		5	0,450	
Мелкозернистый песок	16	0,206		19	0,319		17	0,367		16	0,487	0,1
Илистый песок	25	0,181		27	0,264		25	0,243		21	-0,559	0,001
Песчаный ил	16	-0,250		18	0,160		18	0,085		17	-0,176	
Ил	11	-0,488		16	0,188		16	0,027		15	-0,182	
Детрит	-	-		5	0,814	0,1	4	0,736		4	-0,446	
Торф	5	-0,957	0,02	7	0,408		7	0,348		6	0,253	
Глина	6	0,556		6	-0,648		6	-0,485		6	-0,668	
Суглинки	4	0,431		8	-0,249		7	0,092		7	0,160	
В целом	114	0,003		135	0,239	0,01	129	0,198	0,05	115	-0,008	

n - объем выборки;  $\alpha$  - уровень существенности.

образом приростом легкоусвояемых органических веществ, обогащающих седименты вследствие отмирания водорослей. В то же время определенное влияние на развитие олигокарбофилов имеет температура среды: коэффициент корреляции между температурой и числом олигокарбофилов составляет 0,198 ( $n = 129, \alpha = 0,05$ ).

Существование слабой положительной корреляции между температурой и численностью сапрофитов и олигокарбофилов свидетельствует об стимулирующем эффекте температуры на гетеротрофные аэробные процессы в донных осадках. Это влияние, очевидно, неоднозначное, так как температура среды является лишь одним из факторов, определяющим уровень развития аэробных гетеротрофов в седиментах.

В морских седиментах сезонные колебания численности гнилостных бактерий больше, чем колебания общей численности и максимум их числа наблюдается летом - в июле-августе (Никитина, 1955).

В малых реках нет четко выраженных сезонных максимумов численности гнилостных бактерий в грунтах разных типов (прилож. 16). Максимальная численность гнилостных бактерий в поверхностных слоях грунта обнаружена зимой, минимальная - весной (прилож. 16).

Температура среды не является детерминантом числа гнилостных бактерий, так как между данными величинами в поверхностных слоях отсутствуют корреляционные отношения:  $r_{\alpha; n} = -0,008$  ( $n = 115$ ). Значения коэффициентов корреляции между температурой и числом гнилостных бактерий сильно различаются в донных осадках разных типов (табл. 10).

### 4.3. Взаимосвязь бактериобентоса и pH

Активная кислотность среды pH является одним из экологических параметров седиментов, так как развитие большинства микроорганизмов происходит в определенных интервалах pH. Исследования двух групп рек - кислых и кальциевых - показали, что различия этих групп определяют комбинированный эффект многих показателей среды, в том числе - разница в pH (Rimes, Goulder, 1986; Goulder, 1988). Влияние pH проявляется зимой, когда различия pH кислых и нейтральных рек четко выражены (Goulder, 1988).

pH имеет отрицательную связь с общей численностью микроорганизмов в воде (Bilgrami et al., 1986).

Анализ связи общей численности микроорганизмов с pH седиментов показывает, что между данными величинами существует слабая обратная корреляция:  $r_{\rho;n} = -0,138$  ( $n = 190; \rho = 0,1$ ).

Слабая связь между общей численностью бактериобентоса и pH наблюдается также в поверхностных слоях седиментов:  $r_{\rho;n} = -0,163$  ( $n = 110, \rho = 0,1$ ). В поверхностных слоях отдельных типов грунтов корреляции несутся, за исключением илистого и мелкозернистого песка (табл. II).

В глубинных слоях донных отложений (5-10 см) взаимоотношения между общей численностью микроорганизмов и pH выражаются более ярко:  $r_{\rho;n} = -0,253$  ( $n = 80, \rho = 0,05$ ). Это объясняется тем, что на поверхностные слои седиментов действует течение, способствуя быстрой смене слоя контакта "донные отложения-вода" и поддерживая более или менее постоянное обеспечение кислородом, а также разбавляя продукты метаболизма (Lambühl, 1962).

В донных осадках нами установлена слабая обратная связь между числом сапрофитов и pH:  $r_{\rho;n} = -0,135$  ( $n = 199, \rho = 0,1$ ).

Рассматривая соотношения "сапрофиты - pH" по слоям седи-

Таблица II

Коэффициенты корреляции  $r_{\alpha; n}$  между рН и общей численностью бактериобентоса в разнотипных донных отложениях

Тип донных отложений	Поверх. слой			Глубинные слой		
	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$
Гравий	21	-0,042		11	0,118	
Крупнозернистый песок	8	-0,332		15	-0,155	
Мелкозернистый песок	16	-0,463	0,1	14	-0,015	
Илистый песок	23	-0,590		11	0,100	
Песчаный ил	13	0,018		11	-0,651	0,05
Ил	10	0,033		2	-	
Детрит	5	-0,044		1	-	
Торф	3	-		3	-	
Глина	6	0,025		4	-0,851	
Суглинки	5	0,264		8	-0,225	
<b>В целом по слоям</b>	<b>110</b>	<b>-0,163</b>	<b>0,1</b>	<b>80</b>	<b>-0,253</b>	<b>0,05</b>

Поверхностные и глубинные слой в целом  $r_{\alpha; n} = -0,138$  (  $n = 190, \alpha = 0,1$  ).

n - объем выборки;

$\alpha$  - уровень существенности.

ментов, видно, что достоверной является корреляция между этими величинами лишь в поверхностных слоях, тогда как в глубинных коэффициент корреляции не является существенным (табл. 12).

Существование обратной связи между рН и общей численностью бактериобентоса, рН и числом сапрофитных бактерий, на наш взгляд, объясняется гетеротрофностью большинства микроорганизмов водных систем.

В глубинных слоях осадков достоверной связи между числом сапрофитов и рН не наблюдается из-за невысокой численности сапрофитов в этих слоях по сравнению с поверхностными (рис. 6).

Нами не установлена корреляция между рН и числом олигокарбофильных бактерий как в целом, так и в поверхностных и глубинных слоях в отдельности, хотя коэффициенты корреляций мало отличаются от таковых между рН и числом сапрофитов и наблюдается тенденция к обратной связи (табл. 12). Возможно, отсутствие связи между олигокарбофилами и рН обусловлено менее существенным влиянием олигокарбофилов на среду обитания по сравнению с сапрофитами.

Совершенно не наблюдается связь между рН и числом гнилостных бактерий как в целом, так и в поверхностных и глубинных слоях разнотипных донных отложений в отдельности (табл. 12).

Таблица 12

Коэффициенты корреляции  $r_{\alpha;n}$  между рН и численностью сапрофитных ( I ), олигокарбофильных ( II ) и гнилостных ( III ) бактерий разнотипных донных отложений

Тип донных отложений	I			II			III											
	Поверх. слой		Глуб. слой	Поверх. слой		Глуб. слой	Поверх. слой		Глуб. слой									
	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$						
Гравий	22	-0,013		10	-0,388		23	-0,087		11	-0,422		19	0,074		7	-0,325	
Крупнозернистый песок	13	0,046		15	-0,054		12	0,024		15	-0,060		8	0,406		7	-0,161	
Мелкозернистый песок	17	-0,269		13	-0,173		18	-0,197		14	-0,107		14	0,122		10	0,454	
Илистый песок	23	-0,197		11	-0,243		21	-0,170		11	-0,176		16	-0,049		10	0,500	
Песчаный ил	13	-0,091		11	-0,162		12	-0,090		11	-0,165		11	0,401		10	0,231	
Ил	10	-0,046		2	-		10	-0,434		2	-		10	0,185		2	-	
Детрит	5	0,778		1	-		4	0,807		1	-		3	-		1	-	
Торф	3	-		3	-		3	-		3	-		2	-		3	-	
Глина	6	-0,452		7	0,601		6	-0,528		7	0,024		6	-0,594		6	-0,003	
Суглинки	5	-0,505		9	-0,340		5	-0,471		8	-0,579		5	-0,309		9	-0,553	
В целом по слоям	117	-0,179	0,05	82	-0,098		114	-0,142		83	-0,093		94	-0,003		65	0,072	

В целом поверхностные и глубинные слои  $r_{\alpha;n} = -0,135$  ( $n = 199$ ,  $\alpha = 0,1$ )  $r_{\alpha;n} = -0,116$  ( $n = 197$ )  $r_{\alpha;n} = 0,043$  ( $n = 159$ )

n - объем выборки;  $\alpha$  - уровень существенности.

#### 4.4. Взаимосвязь бактериобентоса и окислительно-восстановительного потенциала $E_h$ и $гН_2$

Величина окислительно-восстановительного потенциала зависит не только от возможности проникновения кислорода в донных отложения, но и от жизнедеятельности в них микроорганизмов. Гетеротрофные микроорганизмы при разложении органических веществ используют кислород, а фототрофные и хемолитотрофные окисляют среду обитания.

##### 4.4.1. Взаимосвязь бактериобентоса и $E_h$

Исследования лентических систем показали, что увеличение общей численности бактериобентоса сопровождается уменьшением  $E_h$  (Кузнецов, Романенко, 1963; Драбкова, 1975; Драбкова, 1983), но существует также мнение, что между общей численностью и  $E_h$  взаимосвязи нет (Dale, 1974).

Результаты, полученные нами, подтверждают существование слабой обратной связи между общей численностью бактериобентоса и  $E_h$ :  $r_n = -0,183$  ( $n = 195$ ,  $\alpha = 0,01$ ), которая ярко выражена в пограничном слое "вода-донные отложения":  $r_n = -0,367$  ( $n = 120$ ;  $\alpha = 0,01$ ). При этом во всех типах грунта, за исключением суглинков, значения коэффициентов отрицательные, хотя существенной является лишь корреляция в гравии (табл. 13).

В глубинных слоях также существует корреляция между общей численностью микроорганизмов и  $E_h$ , хотя она слабее, чем в поверхностных слоях:  $r_n = -0,239$  ( $n = 75$ ,  $\alpha = 0,05$ ). Это объясняется тем, что в глубинных слоях величины  $E_h$  обусловлены рядом факторов, которые не проявляются в пограничном слое. В экранирующем слое  $E_h$  более близок к значениям вышележащей воды (Fenchel,



Таблица 13

Коэффициенты корреляции  $r_{\alpha;n}$  между  $K_h$  и общей численностью бактериобентоса в разнотипных донных отложениях

Тип донных отложений	Поверхностные слои			Глубинные слои		
	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$
Гравий	21	-0,469	0,05	8	0,592	
Крупнозернистый песок	9	-0,219		16	-0,499	0,05
Мелкозернистый песок	18	-0,087		12	-0,219	
Илистый песок	25	-0,323		12	0,137	
Песчаный ил	16	-0,406		11	0,293	
Ил	10	-0,446		3	-	
Детрит	6	-0,557		1	-	
Торф	3	-		3	-	
Глина	7	-0,437		3	-	
Суглинки	5	0,605		6	-0,207	
В целом по слоям	120	-0,367	0,01	75	-0,239	0,05

В целом поверхностные и глубинные слои

$$r_{\alpha;n} = -0,183 \quad (n = 195; \alpha = 0,01).$$

n - объем выборки;

$\alpha$  - уровень существенности.

1969) и окислительные условия в нем обеспечиваются турбулентными течениями (Ambühl, 1962).

Существование отрицательной связи между общей численностью микроорганизмов и  $E_h$  указывает на значительную роль бактериобентоса в формировании окислительно-восстановительных условий в донных отложениях и возможность использования общей численности в качестве показателя активности бактериобентоса (Draškova, 1983).

Развитие аэробных гетеротрофов - сапрофитов и олигокарбонидов - имеет двухсторонние взаимоотношения с  $E_h$ : с одной стороны, под их воздействием происходит некоторое восстановление седиментов, с другой - их развитие ограничено определенным уровнем окисленности среды.

Нами установлено, что в целом число сапрофитов существенно не влияет на О-В условия среды, так как коэффициент корреляции между количеством сапрофитов и  $E_h$  незначителен:  $r_{s;n} = 0,053$  ( $n = 204$ ).

Такое же явление наблюдается в поверхностных слоях и в разных типах грунтов в отдельности (табл. 14).

В глубинных слоях между числом сапрофитов и  $E_h$  существует достоверная слабая положительная корреляция:  $r_{s;n} = 0,243$  ( $n = 78$ ,  $\alpha = 0,05$ ), положительные значения коэффициентов корреляции отмечаются в большинстве типов седиментов, из них существенным является коэффициент в крупнозернистом песке (табл. 14).

Очевидно, в глубинных слоях более значительным является влияние  $E_h$  на развитие сапрофитов, чем восстановительное действие этих бактерий.

Взаимоотношения олигокарбонидов с  $E_h$  сходны с таковыми между  $E_h$  и сапрофитами, но выражены слабее, так как коэффици-

Таблица 14

Коэффициент корреляции  $r_{\alpha;n}$  между  $\ln$  и численностью сапрофитных ( I ),  
олигокарбофильных ( II ) и гнилостных ( III ) бактерий в разнотипных донных отложениях

Тип донных отложений	I			II			III											
	Поверх. слой		Глуб. слой	Поверх. слой		Глуб. слой	Поверх. слой		Глуб. слой									
	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$						
Гравий	22	-0,053		8	-0,093		23	-0,238		8	-0,145		19	-0,402	0,1	4	-0,504	
Крупнозернистый песок	12	-0,299		16	0,438	0,1	11	-0,354		16	0,368		7	0,525		7	0,494	
Мелкозернистый песок	19	0,146		13	0,125		20	0,137		14	0,479		16	-0,237	0,1	10	-0,084	
Илистый песок	25	0,043		10	0,528		23	0,030		10	0,486		18	0,013		10	-0,421	
Песчаный ил	16	0,019		11	0,448		15	-0,026		11	0,475		14	-0,322		10	0,326	
Ил	11	-0,045		3	-		11	-0,007		3	-		11	-0,497		3	-	
Детрит	6	-0,405		1	-		5	-0,839		1	-		4	-0,586		1	-	
Торф	3	-		1	-		3	-		3	-		3	-		3	-	
Глина	7	0,432		6	0,171		7	-0,023		6	-0,678		7	0,311		5	-0,854	0,1
Суглинки	5	-0,434		7	0,452		5	-0,718		7	0,202		5	-0,400		7	-0,074	
В целом по слоям	126	-0,072		78	0,243	0,05	123	-0,131		79	0,173		104	-0,298	0,01	60	0,190	
В целом по верх- ностным и глубинным слоям	$r_{\alpha;n} = 0,053$ ( n = 204 )			$r_{\alpha;n} = -0,001$ ( n = 202 )			$r_{\alpha;n} = -0,090$ ( n = 164 )											

$\alpha$  - уровень существенности;

n - объем выборки.

ты корреляции между данными величинами соответственно ниже и не являются существенными ни в целом, ни в поверхностных и глубинных слоях в отдельности (табл. 14).

Связь  $E_h$  с гнилостными бактериями имеет сходный характер отношений, как и с сапрофитами и олигокарбами (табл. 9). Коэффициент корреляции между  $E_h$  и числом гнилостных бактерий незначителен:  $r_{\alpha;n} = -0,090$  ( $n = 167$ ). В поверхностных слоях отмечается отрицательная связь:  $r_{\alpha;n} = -0,298$  ( $n = 104$ ;  $\alpha = 0,01$ ), в глубинных - положительная:  $r_{\alpha;n} = 0,190$  ( $n = 60$ ). Отрицательная связь между гнилостными бактериями и  $E_h$  в поверхностных слоях седиментов объясняется восстановительным действием гнилостных бактерий, но в глубинных слоях взаимосвязь более сложная и, очевидно, объясняется иными причинами.

#### 4.4.2. Взаимосвязь бактериобентоса и индекса $rH_2$

Индекс  $rH_2$  по сравнению с  $pH$  и  $E_h$  среды более тесно связан с развитием микроорганизмов в грунтах, так как именно он характеризует степень аэробности среды. Коэффициент корреляции между  $rH_2$  и общей численностью бактериобентоса равняется  $-0,269$  ( $n = 182$ ,  $\alpha = 0,01$ ), то есть обратная связь между общим числом микроорганизмов и  $rH_2$  выражена сильнее, чем между данной величиной и  $pH$  или  $E_h$  (табл. 11, 13).

Более четкая взаимосвязь между  $rH_2$  и общей численностью бактериобентоса нами установлена в поверхностных слоях донных отложений по сравнению с глубинными:  $r_{\alpha;n} = -0,399$  ( $n = 110$ ,  $\alpha = 0,01$ ) и  $r_{\alpha;n} = -0,295$  ( $n = 72$ ,  $\alpha = 0,02$ ) соответственно. Существенными являются коэффициенты корреляции в поверхностных слоях грунтов некоторых типов, а в глубинных слоях достоверная корреляция наблюдается лишь в мелкозернистом песке (табл. 15).

Таблица 15

Коэффициенты корреляции  $r_{\alpha;n}$  между  $r_{H_2}$  и  
общей численностью бактериобентоса в разнотипных  
донных отложениях

Тип донных отложений	Поверх. слой			Глубинные слои		
	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$
Гравий	19	-0,488	0,05	8	0,620	
Крупнозернистый песок	10	0,032		12	-0,185	
Мелкозернистый песок	17	-0,510	0,05	15	-0,499	0,1
Алистый песок	22	-0,440	0,05	11	0,066	
Песчаный ил	13	-0,435		11	0,154	
Ил	10	-0,496		2	-	
Детрит	5	-0,410		1	-	
Торф	3	-		3	-	
Глина	6	-0,431		3	-	
Суглинки	5	-0,573		6	0,210	
В целом по слоям	110	-0,399	0,01	72	-0,295	0,02

В целом поверхностные  
и глубинные слои

$$r_{\alpha;n} = -0,229 \quad (n = 182; \alpha = 0,01)$$

n - объем выборки;

$\alpha$  - уровень существенности.

Четкая взаимосвязь между общей численностью микроорганизмов и индексом  $rH_2$ , обнаруженная Романенко (1964 а) в лентической среде и подтвержденная нами в малых реках, указывает на возможность использования общей численности бактериобентоса в качестве величины, характеризующей активность микроорганизмов в донных осадках.

Известно, что в большинстве случаев максимальная численность микроорганизмов и активность микробиологических процессов отмечаются в поверхностном слое грунтов. Можно было бы ожидать, что вследствие этого значения  $rH_2$  в поверхностном слое седиментов должны быть ниже, чем в глубинных. Такое явление наблюдалось в морских донных отложениях (Meuser-Reil, 1987). С увеличением глубины седиментов окислительно-восстановительный потенциал среды уменьшается (Кузнецов, Романенко, 1963; Fenchel, 1969; Vanderpost, 1972; Jørgensen, Fenchel, 1974; Jones, 1979). Это подтверждают также наши исследования грунтов малых рек Латвии. Взаимотношение "общая численность микроорганизмов -  $rH_2$ " неоднозначно, поскольку развитие микроорганизмов обусловлено целым рядом факторов среды и одновременно величина индекса  $rH_2$  также определяется комплексом биотических и абиотических факторов.

В пограничном слое седиментов образовалась специфическая микрофлора с постоянными условиями вследствие действия турбулентности течения (Ambühl, 1962), что определяет тесную обратную связь  $rH_2$  и в особенности  $rH_2$  с общей численностью бактериобентоса в поверхностных слоях по сравнению с глубинными (табл. 13, 15).

В то же время между числом сапрофитов и индексом  $rH_2$ , так же как с  $rH_2$ , отсутствуют коррелятивные отношения:  $r_{\infty; n} = 0,011$  ( $n = 185$ ).

Влияние восстановительного действия сапрофитов наблюдается в поверхностных слоях седиментов, так как здесь существует очень слабая обратная связь между  $r_{H_2}$  и числом сапрофитов:  $r_{\alpha;n} = -0,158$  ( $n = 111, \alpha = 0,1$ ).

В глубинных слоях обнаружена зависимость развития сапрофитов от степени окисленности среды, о чем свидетельствует слабая положительная корреляция между  $r_{\alpha;n}$  и числом сапрофитов:  $r_{\alpha;n} = 0,193$  ( $n = 74, \alpha = 0,1$ ).

Отношения олигокарбонатов с индексом  $r_{H_2}$  в целом соответствуют таковым между сапрофитами и  $r_{H_2}$ , за исключением того, что в глубинных слоях коэффициент корреляции, имея положительное значение, несущественен (табл. 16).

Между числом гнилостных бактерий и индексом  $r_{H_2}$  наблюдается тенденция обратной связи, но существенной корреляции обнаружить не удалось:  $r_{\alpha;n} = -0,131$  ( $n = 145$ ).

Достоверная отрицательная корреляция между  $r_{H_2}$  и числом гнилостных бактерий отмечается в поверхностных слоях грунтов:

$r_{\alpha;n} = -0,360$  ( $n = 88, \alpha = 0,01$ ), при этом она более выражена по сравнению с соответствующей корреляцией между  $r_{H_2}$  и сапрофитами и  $r_{H_2}$  и олигокарбонатами (табл. 16).

В глубинных слоях донных отложений разных типов не наблюдается определенной связи между  $r_{H_2}$  и числом гнилостных бактерий: коэффициент корреляции между этими величинами незначителен

( $r_{\alpha;n} = -0,081; n = 57$ ).

Отсюда видно, что взаимоотношения между бактериобентосом и индексом  $r_{H_2}$  сходны с таковыми между бактериобентосом и окислительно-восстановительным потенциалом  $E_h$ , однако выражены более четко. Таким образом, индекс  $r_{H_2}$  (по сравнению с  $E_h$ ) тесно связан с функционированием микроорганизмов в грунтах.

Таблица 16

Коэффициенты корреляции  $r_{\alpha;n}$  между  $r_{H_2}$  и численностью сапрофитных ( I ), олигокарбофильных ( II ) и гнилостных ( III ) бактерий в разнотипных донных отложениях

Тип донных отложений	I			II			III											
	Поверх. слой		Глуб. слой	Поверх. слой		Глуб. слой	Поверх. слой		Глуб. слой									
	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$									
Гравий	20	-0,114		8	-0,237		21	-0,276		7	-0,282		17	-0,380		4	-0,612	
Крупнозернистый песок	11	-0,301		16	-0,128		10	-0,364		16	0,264		6	0,096		7	0,312	
Мелкозернистый песок	16	0,157		11	0,144		17	0,125		12	0,474		13	-0,551	0,1	9	0,148	
Илистый песок	22	-0,168		9	0,505		20	-0,160		9	0,475		15	-0,177		9	-0,300	
Песчаный ил	13	-0,067		11	0,471		12	-0,145		11	0,500		11	-0,359		10	0,437	
Ил	10	-0,085		2	-		10	-0,071		2	-		10	-0,457		2	-	
Детрит	5	0,146		1	-		4	-0,777		1	-		3	-		1	-	
Торф	3	-		3	-		3	-		3	-		2	-		3	-	
Глина	6	-0,112		6	0,454		6	-0,231		6	-0,447		6	-0,225		5	-0,558	
Суглинки	5	-0,455		7	0,002		5	-0,701		7	-0,163		5	-0,397		7	-0,340	
В целом по слоям	111	-0,158	0,1	74	0,193	0,1	108	-0,207	0,05	74	0,136		88	-0,360	0,01	57	-0,081	

В целом поверхностные и глубинные слои  $r_{\alpha;n} = 0,011$  ( n = 185)  $r_{\alpha;n} = -0,052$  ( n = 182)  $r_{\alpha;n} = -0,131$  ( n = 145)

n - объем выборки;

$\alpha$  - уровень существенности.



#### 4.5. Роль органических веществ в развитии бактериобентоса

Значение органических веществ и их усвояемости в развитии бактериобентоса оценивается по разному.

Существует мнение, что органические вещества играют доминирующую роль в жизнедеятельности микроорганизмов в грунтах (Meurer-Reil, 1983), и недостаток легкоусвояемого органического вещества является главным лимитирующим фактором их развития (Walker, McCallion, 1978). Между количеством общего  $C_{орг}$  и общей численностью бактериобентоса существует положительная связь (Жукова, 1955; Мессинева, 1957; Гамбарян, 1968; Кузнецов, 1970; Александрова, 1973; Новожилова, 1973; Ярушек, 1973, 1978; Новожилова и др., 1984; Олейник, 1984; Pody et al., 1972; Dale, 1974; Shiazis et al., 1984; Igriberi et al., 1988).

В Рижском заливе в поверхностных слоях донных отложений наблюдается прямая корреляция между численностью микроорганизмов в различных типах грунтов и биомассой донных животных, а также содержанием в них органических веществ (Апине, 1982).

В то же время имеются данные об отсутствии четкой положительной связи между количеством органических веществ и общей численностью бактериобентоса, а во многих случаях даже наблюдается обратная связь (Павельева и др., 1976; Драбкова, 1983; Воронова и др., 1986; Драбкова, 1983). Питательные вещества почти никогда не являются лимитирующим фактором развития бактериобентоса (Shaffer, Onuf, 1983).

С другой стороны, подчеркивается положительная корреляция между количеством усвояемого органического вещества, выражаемого соотношением  $C/N$ , и общей численностью микроорганизмов (Куз-

нецов, 1949; Адиятова, 1968; Иватин, 1978; Решеткова, 1978).

Однако в морских седиментах отмечена отрицательная корреляция плотности бактерий с соотношением C/N при положительной корреляции с общим  $C_{org}$  (Shiaris, Rex et al., 1987).

Установлена доминирующая роль органических веществ в развитии гетеротрофов в воде и грунтах (Сорокин, 1958; Родина, 1960; Кузнецов, 1970; Крисс, 1973; Младова, 1975; Решеткова, 1976; Донецкая, 1980; АLINE, Ботва, 1982; Чеботерев, 1988; Zo Bell, 1946; Bell, Dutka, 1972). Однако ряд авторов указывают на то, что между гетеротрофными бактериями и содержанием  $C_{org}$  в морской среде нет корреляции (Matondkar, 1981; Hashimoto, 1982).

Исследования бактериобентоса малых рек Латвии показали, что общая численность микроорганизмов не зависит от концентрации органических веществ, так как коэффициент корреляции между этими величинами равняется 0,068 ( $n = 163$ ). Также не установлено корреляционных связей между общей численностью бактериобентоса и количеством фосфора:  $r_n = 0,044$  ( $n = 31$ ).

Корреляционные отношения между общей численностью бактериобентоса и концентрацией органических веществ не выражены ни в поверхностных, ни в глубинных слоях (табл. I7). В то же время между этими данными существует значительная положительная связь в поверхностных слоях мелкозернистого и илистого песка и ила (табл. I7). Мы предполагаем, что это объясняется высокой усвояемостью органических веществ микроорганизмами в данных типах грунтов, что подтверждается исследованиями донных осадков озер Латвии (Дэубан, 1985), где общая численность бактериобентоса и его активность зависят в основном от валовой концентрации и доступности органических соединений.

Концентрация органических веществ не определяет количество сапрофитов в донных отложениях малых рек Латвии, так как корреляция

Таблица 17

Коэффициенты корреляции  $r_{\alpha; n}$  между концентрацией органических веществ и общей численностью бактериобентоса в разнотипных донных отложениях

Тип донных отложений	Поверхностные слои			Глубинные слои		
	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$
Гравий	14	0		7	0,522	
Крупнозернистый песок	11	-0,126		10	0,020	
Мелкозернистый песок	14	0,721	0,01	12	-0,010	
Илистый песок	19	0,722	0,01	8	0,422	
Песчаный ил	11	0,267		9	0,442	
Ил	11	0,675	0,05	3	-	
Детрит	4	-0,216		1	-	
Торф	4	0,726		2	-	
Глина	6	-0,698		4	0,142	
Суглинки	4	-0,140		9	0,494	
В целом по слоям	98	0,157		65	0,029	

В целом поверхностные и глубинные слои

$$r_{\alpha; n} = 0,068 \quad (n = 163)$$

n - объем выборки;

$\alpha$  - уровень существенности.

ляционных отношений между этими величинами нет:  $r_{\mathcal{L};n} = -0,051$  ( $n = 179$ ).

Отсутствие влияния концентрации органических веществ на развитие сапрофитов наблюдается как в поверхностных, так и в глубинных слоях:  $r_{\mathcal{L};n} = -0,057$  ( $n = 103$ ) и  $r_{\mathcal{L};n} = -0,054$  ( $n = 76$ ) соответственно.

Не является существенным в развитии сапрофитов также количество  $P_{\text{общ}}$  в органическом веществе ни в целом ( $r_{\mathcal{L};n} = -0,064$ ;  $n = 35$ ), ни в поверхностных ( $r_{\mathcal{L};n} = -0,109$ ,  $n = 20$ ) и глубинных ( $r_{\mathcal{L};n} = -0,126$ ,  $n = 15$ ) слоях в частности.

Наши данные показывают, что между числом олигокарбофилов и концентрацией органических веществ в грунтах нет никакой зависимости:  $r_{\mathcal{L};n} = -0,027$  ( $n = 116$ ).

Не установлено влияния концентрации органических веществ на численность олигокарбофилов также в поверхностных и глубинных слоях седиментов (табл. 18).

Развитие олигокарбофилов не обусловлено также концентрацией  $P_{\text{общ}}$  в органических веществах, так как корреляционных отношений не наблюдается ни в целом ( $r_{\mathcal{L};n} = 0,055$ ,  $n = 34$ ), ни в поверхностных ( $r_{\mathcal{L};n} = 0,063$ ,  $n = 20$ ) и глубинных ( $r_{\mathcal{L};n} = -0,392$ ,  $n = 14$ ) слоях в отдельности.

Не существует корреляции между количеством органических веществ и числом гнилостных бактерий в седиментах:  $r_{\mathcal{L};n} = -0,043$  ( $n = 164$ ).

Концентрация органических веществ не влияет на развитие гнилостных бактерий в поверхностных слоях грунтов:  $r_{\mathcal{L};n} = 0,034$  ( $n = 93$ ).

В глубинных слоях донных отложений, однако, наблюдается некоторая положительная связь между концентрацией органических веществ и числом гнилостных бактерий:  $r_{\mathcal{L};n} = 0,283$  ( $n = 71$ ).

Таблица 18

Коэффициенты корреляции  $r_{L;n}$  между концентрацией органических веществ и численностью сапрофитных ( I ), олигокарбофильных ( II ) и гнилостных ( III ) бактерий в разнотипных донных отложениях

Тип донных отложений	I						II						III					
	Поверх.слой			Глуб.слой			Поверх.слой			Глуб.слой			Поверх.слой			Глуб.слой		
	n	$r_{L;n}$	L	n	$r_{L;n}$	L	n	$r_{L;n}$	L	n	$r_{L;n}$	L	n	$r_{L;n}$	L	n	$r_{L;n}$	L
Гравий	14	0,363		6	-0,016		15	0,070	7	0,062		14	0,204	7	-0,079			
Крупнозернистый песок	12	0,374		10	0,302		11	0,343	10	0,259		9	-0,266	6	-0,362			
Мелкозернистый песок	15	-0,205		16	-0,220		15	-0,217	17	-0,207		13	-0,011	16	-0,270			
Илистый песок	20	0,121		9	0,250		18	0,117	9	0,167		18	0,059	9	0,698	0,05		
Песчаный ил	10	-0,599	0,1	9	0,397		10	-0,255	9	0,049		10	-0,361	9	-0,205			
Ил	14	-0,158		5	0,960	0,01	14	-0,280	5	0,919	0,05	13	-0,191	4	-0,082			
Детрит	4	-0,420		1	-		3	-	1	-		3	-	1	-			
Торф	3	-		2	-		3	-	2	-		2	-	2	-			
Глина	6	0,043		8	0,114		6	0,161	8	0,042		6	0,134	7	0,029			
Суглинки	5	0,443		10	-0,369		5	-0,335	9	-0,409		5	-0,291	10	-0,152			
В целом по слоям	103	-0,057		76	-0,054		100	-0,032	77	-0,043		93	0,034	71	0,283	0,02		
В целом поверхностные и глубинные слои	$r_{L;n} = -0,051$ ( n = 179 )			$r_{L;n} = -0,027$ ( n = 177 )			$r_{L;n} = -0,043$ ( n = 164 )											

n - объем выборки; L - уровень существенности.

$\alpha = 0,02$ ), что, на наш взгляд, указывает на усвояемость органических веществ в этих слоях гнилостными бактериями.

Характерно, что в развитии гнилостных бактерий наблюдается слабая обратная связь с концентрацией  $P_{\text{общ}}$ :  $r_{\alpha;n} = -0,307$  ( $n = 35$ ,  $\alpha = 0,1$ ). Такая же связь отмечается и в поверхностных слоях грунтов:  $r_{\alpha;n} = -0,403$  ( $n = 20$ ,  $\alpha = 0,1$ ). Коэффициент корреляции между гетеротрофными анаэробными бактериями и концентрацией  $P_{\text{общ}}$  примерно такого же порядка и в глубинных слоях, однако он не является существенным ( $r_{\alpha;n} = -0,357$ ,  $n = 15$ ).

В целом установлено, что концентрация органических веществ и содержание в них фосфора не являются значительными в развитии бактериобентоса. Существующие положительные связи между показателями бактериобентоса и количеством органических веществ, обнаруженные в седименте, мы объясняем усвояемостью этих веществ для определенных групп микроорганизмов.

#### 4.6. Степень зарастания водотоков и ее связь с бактериобентосом

Общая численность микроорганизмов донных отложений лентических систем (озер, водохранилищ) согласуется со степенью трофики данного водоема (Головки и др., 1982; Jones et al., 1979; Quinn et al., 1985; Irtibegi et al., 1988).

В донных отложениях малых рек Латвии установлено, что общая численность поверхностных слоев имеет достоверную слабую корреляцию со степенью зарастания проекционной площади рек высшими водными растениями:  $r_{\alpha;n} = 0,276$  ( $n = 65$ ,  $\alpha = 0,01$ ). Очевидно, общая численность бактериобентоса в какой-то мере может служить показателем трофики рек (Aizaki, 1985).

Между числом групп гетеротрофных бактерий и степенью зарас-

тания корреляционных отношений не обнаружено (табл. 19).

Водным и прибрежным растениям свойственно выделение фитонцидов (Гуревич, Ястребова, 1977) и в присутствии макрофитов число микроорганизмов в воде снижается (Олейник, 1984; Хороших, 1985). Однако в зарослях тростника в каналах южной части Украины число бактериопланктона возросло в 1,5-2 раза по сравнению с чистоводьем (Лукина, Смирнова, 1988).

Очевидно, влияние высшей водной растительности на развитие микробиоценоза двойное - с одной стороны, погруженные растения являются средством перекачки биогенных элементов из грунта в водную массу; фитонцидные свойства высшей водной растительности неблагоприятны для развития микроорганизмов; с другой стороны, остатки макрофитов служат источником обогащения микроорганизмов питательными веществами, высшие водные растения задерживают принесенные течением аллохтонные вещества.

Взаимосвязь этих двухсторонних действий высших водных растений суммарно определяет некоторое повышение общего числа бактериобентоса с увеличением степени зарастаемости малых рек Латвии.

Обобщая данные развития бактериобентоса в зависимости от влияния внешней среды, можно заключить, что оно обусловлено сложным комплексом взаимодействующих факторов, что подтверждается установленными нами корреляциями, имеющими низкие значения даже при высоком уровне достоверности. В свою очередь, процессы жизнедеятельности бактериобентоса влияют на физикохимические условия в грунтах.

Таблица 19

Коэффициент корреляции  $r_{\alpha;n}$  между степенью зарастания биотона высшей водной растительностью и общей численностью бактериобентоса ( I ), числом сапрофитных ( II ), олигокарбофильных ( III ) и гнилостных ( IV ) бактерий в поверхностном слое донных отложений

Тип донных отложений	I			II			III			IV		
	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$
Гравий	12	0,254		13	-0,337		14	-0,299		10	0,130	
Крупнозернистый песок	6	0,965	0,01	7	-0,338		7	0,712	0,1	2	-	
Мелкозернистый песок	9	0,497		8	-0,425		11	-0,359		6	-0,801	0,1
Илистый песок	16	0,003		16	-0,292		15	-0,173		10	0,020	
Песчаный ил	8	0,508		8	-0,120		9	-0,297		7	0,239	
Ил	7	-0,384		7	0,335		7	0,329		6	-0,019	
Детрит	1	-		1	-		1	-		-	-	
Торф	5	0,770		5	-0,451		5	-0,437		4	0,053	
Глина	1	-		1	-		1	-		1	-	
Суглинки	-	-		1	-		1	-		1	-	
В целом по слоям	65	0,276	0,01	67	-0,189		70	-0,047		46	0,073	

n - объем выборки;

$\alpha$  - уровень существенности.



## Глава 5. СТРУКТУРА БАКТЕРИОБЕНТОСА В УСЛОВИЯХ НАРАСТАЮЩЕГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Единственный правильный метод оценки загрязнения - анализ структуры популяции, так как биологическая структура и качество воды взаимосвязаны (Tonelli, 1975; Vekselak, 1975). Именно по структурным показателям дается заключение о соответствии реки нормальному или нарушенному экологическому состоянию и разрабатываются критерии восстановления рек (Андрушайтис и др., 1983; Цидиш, 1989).

### 5.1. Соотношения между гетеротрофными бактериями и общей численностью бактериобентоса

Гетеротрофные микроорганизмы, составляющие большинство в микробиоценозах водных экосистем, являются основной группой организмов, ответственных за деструкцию органических веществ. Их доля в общей структуре бактериобентоса позволяет сделать заключение об уровне загрязненности среды.

#### 5.1.1. Соотношение сапрофитных бактерий и общей численности бактериобентоса

Количественное соотношение сапрофитов и общей численности микроорганизмов в воде служит показателем санитарного состояния водоема (Разумов, 1932; Кузнецов, 1970; Романенко, 1971 а, б). Доля сапрофитов в общей структуре бактериобентоса характеризует степень загрязненности донных отложений (Sugita et al., 1982). Обычно гетеротрофные бактерии составляют 0,01-0,1 % популяции микроорганизмов планктона в озерах (Кузнецов, 1970). Увеличение числа сапрофитных бактерий в бактериопланктоне указывает на уси-

ление антропогенного воздействия (Башмакова, 1985). В воде малых рек Латвии соотношение сапрофитных бактерий и общей численности и количество сапрофитов как показатель степени загрязнения органикой превосходят критерий загрязненности, основанный на определении общей численности бактерий (Зандмане, 1984).

Романенко (1971 а), используя индекс "число сапрофитных бактерий/общая численность микроорганизмов" как показатель чистоты воды, установил, что при соотношении 0,003 и меньше вода является особо чистой, при 0,03 - чистой, при 0,3 - грязной, при 3,0 и больше - особо грязной.

Так как донные отложения являются компонентом водной экосистемы, находящимся в непрерывной взаимосвязи с водной толщей, те же закономерности относятся к соотношению "сапрофиты/общая численность" <sup>в грунтах.</sup> Влияние загрязнения в осадках малых рек Латвии особенно четко отражается на увеличении числа гетеротрофных бактерий и их доли в бактериобентосе (Вейланде, 1984; Сприньге, 1987 а, б; 1988; Сприньге, Мелберга, 1989).

Общая численность бактериобентоса и число сапрофитов не являются взаимосвязанными величинами, так как коэффициенты корреляции между ними несущественны как в целом, так и в поверхностных и глубинных слоях, хотя в отдельных типах грунтов установлена достоверная корреляция (табл. 20), что противоречит данным о существовании корреляции в воде между общим числом микроорганизмов и числом бактерий на чашках (Aizaki, 1985).

Соотношение "сапрофиты/общая численность" в грунтах малых рек Латвии колеблется в широких пределах, что обусловлено главным образом разной степенью антропогенного воздействия на исследованные биотопы (прилож. 7).

В условно нетронутых, не подверженных заметному антропогенному воздействию биотопах наивысшая доля сапрофитов установлена

Таблица 20

Коэффициенты корреляции  $r_{\alpha;n}$  между общей численностью бактериобентоса и числом сапрофитных бактерий в разнотипных донных отложениях

Тип донных отложений	Поверхностные слои			Глубинные слои		
	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$
Гравий	32	0,129		15	-0,392	
Крупнозернистый песок	15	-0,260		22	-0,263	
Мелкозернистый песок	32	-0,104		18	-0,024	
Илистый песок	31	0,097		19	0,471	0,05
Песчаный ил	19	0,268		15	0,047	
Ил	18	0,235		4	0,474	
Детрит	8	0,861	0,01	-	-	
Торф	7	-0,248		4	-0,833	
Глина	7	0,127		6	0,679	
Суглинки	8	-0,374		10	-0,642	0,05

В целом по слоям  $n = 119$   $r_{\alpha;n} = 0,004$   $n = 113$   $r_{\alpha;n} = 0,029$

В целом поверхностные и глубинные слои  $r_{\alpha;n} = -0,038$  ( $n = 232$ )

n - объем выборки;

$\alpha$  - уровень существенности.

в бактериобентосе песчано-глистых, глисто-песчаных и суглинистых грунтов (0,030-0,037 %), наименьшая - в песчаных типах донных осадков и гравии (0,015-0,020 %). Особенно мало сапрофитов в детрите (0,010 %), что мы объясняем трудноразлагаемым материалом.

В глубинных слоях распределение соотношения "сапрофиты/общая численность" отличается от такового в поверхностных слоях (прилож. I7). Наибольшая часть сапрофитов сконцентрирована в мелкозернистом песке (0,030 %), наименьшая - в торфе и детрите (0,003 %), а в остальных типах донных отложений значение "сапрофиты/общая численность" составляет 0,014-0,020 % (прилож. I7). Возможно, что повышенная доля сапрофитов в бактериобентосе глубинных слоев мелкозернистого песка объясняется повышенной скоростью течения над ними, так как именно в мелкозернистом песке установлена положительная связь между числом сапрофитов и скоростью течения ( $r_{\alpha;n} = 0,774$ ,  $\alpha = 0,05$ ). Пониженное значение соотношения "сапрофиты/общая численность" в детрите мы объясняем составом трудноразлагаемых веществ в данных седиментах.

В грунтах с большим размером частиц - крупнозернистом песке и гравии - практически нет разницы между соотношением "сапрофиты/общая численность" в поверхностных и глубинных слоях (прилож. I7). В целом соотношение в поверхностных слоях в 1,7 раза выше, чем в глубинных. В поверхностных слоях доля сапрофитов в бактериобентосе составляет 0,024 %, в глубинных - 0,014 %.

В донных отложениях условно нетронутых биотопов индекс "сапрофиты/общая численность" равняется 0,02 %. Это соответствует критерию чистой воды (Сорокин, 1958; Романенко, 1971 а; Чеботарев, 1984). К особо чистым донным отложениям мы относим такие, в которых сапрофиты составляют  $10^{-3}$ - $10^{-4}$  процентов общей численности бактериобентоса. Грунты, в которых соотношение "сапрофиты/общая численность" составляет 0,02 %, являются чистыми (по сис-

теме сапробности - олиго-бета-мезосапробными).

С возрастанием антропогенного воздействия на речную экосистему, особенно вследствие увеличения сельскохозяйственного использования земель на водосборной площади, наблюдается усиленное развитие сапробитов (прилож. 10), что, в свою очередь, вызывает рост коэффициента "сапробиты/общая численность".

Влияние загрязнения на соотношение "сапробиты/общая численность" в разных типах донных отложений отражается в различной степени. Так, в поверхностных слоях грунтов умеренно загрязненных биотопов доля сапробитов в структуре бактериобентоса увеличивается от 3 раз в илистом песке и торфе до 13 раз в детрите, а в глубинных слоях - от 1,8 раза в песчаном иле до 25 раз в гравии (прилож. 17).

В целом в поверхностных слоях сапробиты составляют 0,15 %, в глубинных - 0,31 % общей численности бактериобентоса. Эти данные выше соответствующих в грунтах условно нетронутых биотопов в 6,2 и 22,1 раза. Таким образом, видно, что загрязняющие вещества проникают вглубь донных отложений и их влияние на структуру бактериобентоса здесь более выраженное, чем в поверхностных слоях.

В биотопах, подверженных умеренному антропогенному воздействию, сапробиты составляют 0,2 % общей численности бактериобентоса. Мы считаем, что эти донные отложения являются загрязненными, или  $\alpha$ -мезосапробными.

Грунты, подверженные сильному антропогенному воздействию, в которых индекс "сапробиты/общая численность" составляет от 0,1 до 5,0 % в поверхностных слоях, 0,03-2,1 % - в глубинных слоях, являются грязными. В глубинных слоях грязных грунтов индекс "сапробиты/общая численность" увеличивается в среднем в 157 раз по сравнению с грунтами условно нетронутых биотопов, в поверхностных слоях соответствующее увеличение происходит в среднем в

82 раза. Это следует объяснить более выраженной способностью самоочищения бактериобентоса поверхностного слоя по сравнению с глубинным, так как верхние слои представляют в реках наиболее активную биологическую <sup>окисления</sup> зону аддохтонных органических веществ (Нупес, 1983).

В среднем индекс "сапрофиты/общая численность" в грунтах, подверженных сильному антропогенному воздействию, составляет 2,0 %. Это на два порядка выше соответствующего показателя в условно нетронутых биотопах и на порядок выше в биотопах, подверженных умеренному антропогенному воздействию. Грунты, в которых сапрофиты составляют 2,0 % и больше от общего числа бактериобентоса, являются грязными, или полисапробными.

Полученные нами результаты показывают, что индекс "сапрофиты/общая численность" служит достоверным показателем загрязненности донных отложений. Чистыми являются донные отложения условно нетронутых биотопов, где доля сапрофитов в структуре бактериобентоса составляет 0,02 %, загрязненными - седименты биотопов, подверженных умеренной антропогенной нагрузке, в которых сапрофиты составляют 0,2 % общей численности микроорганизмов, и грязными - грунты под сильным антропогенным воздействием, в которых индекс "сапрофиты/общая численность" составляет 2,0 % и более.

### 5.1.2. Соотношение олигокарбофильных бактерий и общей численности бактериобентоса

Между числом олигокарбофилов и общей численностью бактериобентоса в грунтах в целом, а в частности в поверхностных слоях, наблюдается очень слабая положительная связь (табл. 21).

Учитывая сложность структуры бактериобентоса, отношение между олигокарбофилами и общей численностью бактериобентоса является одним из критериев более точного установления степени загрязненности донных отложений.

Пределы колебаний значений "олигокарбофилы/общая численность" на два порядка превышают соответствующие колебания "сапрофиты/общая численность" (прилож. 17, 18).

В поверхностных слоях грунтов условно нетронутых биотопов олигокарбофилы составляют в среднем 0,8 % общей численности микроорганизмов. Наибольшая доля олигокарбофилов встречается в бактериобентосе ила и глины (0,090-0,091 %), наблюдается тенденция убывания их доли в песчаных донных отложениях по сравнению с илистыми (прилож. 18). Характерным признаком является высокая доля олигокарбофилов в бактериобентосе торфянистых грунтов (0,17 %), что мы объясняем тем, что торф является средой, благоприятной для развития олигокарбофилов (в отличие от сапрофитов) (рис. 7). То, что состав органических веществ седиментов неоднозначен для развития сапрофитов и олигокарбофилов, подтверждает также низкая доля олигокарбофилов в бактериобентосе суглинков (прилож. 18), в то время как доля сапрофитов там сравнительно высокая (прилож. 17). Состав детритных грунтов не способствует развитию ни сапрофитов, ни олигокарбофилов.

В глубинных слоях донных отложений условно нетронутых био-

Таблица 21

Коэффициенты корреляции  $r_{\alpha;n}$  между общей численностью бактериобентоса и числом олигокарбодильных бактерий в донных отложениях

Тип донных отложений	Поверхностные слои			Глубинные слои		
	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$
Гравий	33	0,388	0,02	16	-0,416	
Крупнозернистый песок	14	0,348		16	-0,081	
Мелкозернистый песок	29	-0,118		21	-0,071	
Илистый песок	29	0,073		19	0,523	0,05
Песчаный ил	19	0,164		15	0,070	
Ил	17	0,069		3	-	
Детрит	7	0,970	0,01	1	-	
Торф	7	-0,206		5	-0,418	
Глина	7	-0,037		5	0,239	
Суглинки	7	-0,894	0,01	9	-0,929	0,01

В целом по слоям  $r_{\alpha;n} = 0,144$  ( $n = 170$ ,  $\alpha = 0,1$ )

В целом поверхностные и глубинные слои  $r_{\alpha;n} = 0,126$  ( $n = 283$ ,  $\alpha = 0,05$ ).

n - объем выборки,

$\alpha$  - уровень существенности.



топов олигокарбофилы составляют в среднем 0,065 % общего числа бактериобентоса. Процентное распределение олигокарбофилов в глубинных и поверхностных слоях грунтов в целом следующее: в глубинных слоях значительно выше доля олигокарбофилов в торфе (0,15 %) и илистом песке (0,12 %), а начиная с мелкозернистого песка (0,07 %) постепенно снижается, заканчиваясь илом (0,042%) (прилож. 18).

Соотношение "олигокарбофилы/общая численность" в поверхностных слоях в среднем в 1,2 раза выше по сравнению с глубинными.

В среднем в донных отложениях условно нетронутых биотопов олигокарбофилы составляют 0,07 % общей численности бактериобентоса.

В поверхностных слоях седиментов, подверженных умеренному антропогенному воздействию, олигокарбофилы составляют в среднем 0,25 % общей численности бактериобентоса. Это выше соответствующего показателя в грунтах условно нетронутых биотопов в 3,1 раза. Увеличение соотношения "олигокарбофилы/общая численность" под влиянием антропогенных факторов наиболее выражено в суглинках и гравии; более стабильна структура бактериобентоса в торфе (прилож. 18).

В глубинных слоях подверженных умеренному антропогенному воздействию донных отложений олигокарбофилы составляют в среднем 0,44 % общей численности бактерий, что в 6,8 раза превышает их долю в бактериобентосе нетронутых донных отложений. В отличие от условно нетронутых биотопов бактериобентос глубинных слоев умеренно загрязненных грунтов содержит в 1,8 раза больше олигокарбофилов, чем бактериобентос поверхностных слоев. Это подтверждает более выраженный эффект аллохтонных веществ на глубинные слои по сравнению с поверхностными. Особенно уве-

ичивается доля олигокарбофилов в бактериобентосе гравийных грунтов (прилож. 18), что указывает на сравнительную мобильность микробиоценозов в гравии.

По средним данным, в седиментах, подверженных умеренному антропогенному воздействию, соотношение "олигокарбофилы/общая численность" составляет 0,35 %, что в 5 раз выше, чем в условно нетронутых грунтах.

При сильном антропогенном воздействии происходит дальнейшее увеличение доли олигокарбофилов в бактериобентосе, она составляет в среднем 2,5 % в поверхностных слоях и 4,1 в глубинных слоях грунтов.

В целом в структуре бактериобентоса донных отложений, подверженных сильному антропогенному воздействию, олигокарбофилы составляют 3,3 %.

Изменения соотношения "олигокарбофилы/общая численность" в донных осадках отражают степень их загрязненности. Однако более выраженный эффект загрязнения на структуру бактериобентоса проявляется в увеличении доли сапробитов по сравнению с олигокарбофилами, подтверждая органическую природу веществ, поступающих в речные экосистемы вследствие антропогенного воздействия.

### 5.1.3. Соотношение гнилостных бактерий и общей численности бактериобентоса

Между числом гнилостных бактерий и общей численностью бактериобентоса установлена положительная связь:  $r_{\alpha; \beta} = 0,287$  ( $\alpha = 0,01$ ). Положительная корреляция установлена, кроме того, в поверхностных слоях грунтов в целом, а также в отдельных типах грунтов, но не отмечена в глубинных слоях, где наблюдается тенденция обратной связи (табл. 22).

Гнилостные бактерии являются самой малочисленной группой

Таблица 22

Коэффициенты корреляции  $r_{\alpha; n}$  между общей численностью бактериобентоса и числом глистных бактерий в донных отложениях

Тип донных отложений	Поверхностные слои			Глубинные слои		
	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha; n}$	$\alpha$
Гравий	29	0,686	0,01	12	-0,404	
Крупнозернистый песок	10	0,576	0,1	8	-0,630	0,1
Мелкозернистый песок	28	0,280		18	0,332	
Илистый песок	24	0,028		18	0,315	
Песчаный ил	18	0,451	0,1	14	0,080	
Ил	17	0,373		3	-	
Детрит	7	0,028		2	-	
Торф	6	0,207		3	-	
Глина	7	-0,015		5	-0,218	
Суглинки	7	-0,277		10	-0,221	
В целом по слоям	152	0,300	0,01	94	-0,138	

В целом поверхностные и глубинные слои

$$r_{\alpha; n} = 0,287 \quad (n = 246, \alpha = 0,01)$$

n - объем выборки;

$\alpha$  - уровень существенности.

гетеротрофов по сравнению с сапротитами и олигокарбофилами и соответственно их доля в структуре бактериобентоса наименьшая - от 0,0003 до 0,7 % общего числа. Амплитуда колебаний показывает, что изменения соотношения "гнилостные бактерии/общая численность" под влиянием антропогенных факторов выражены меньше, чем изменения соотношения "сапротиты/общая численность" и "олигокарбофилы/общая численность" (прилож. 17-19).

В поверхностных слоях условно нетронутых грунтов число гнилостных бактерий составляет в среднем 0,015 % общей численности микроорганизмов. Наиболее высокая доля гнилостных бактерий в бактериобентосе <sup>торфа</sup> - 0,037 %. Это выше доли сапротитов в общей численности микроорганизмов торфянистых грунтов (0,027 %), что согласуется с данными Сорокина (1958) о преобладании анаэробных бактерий над аэробными в торфянистых илах. В поверхностных слоях песков отмечается тенденция снижения доли гнилостных бактерий по сравнению с илами (прилож. 19).

В глубинных слоях седиментов соотношение "гнилостные бактерии/общая численность" достигает в среднем 0,014%, т.е. практически не отличается от данного соотношения в поверхностных слоях и от соотношения "сапротиты/общая численность" в глубинных слоях (прилож. 17). Это согласуется с данными об уменьшении разрыва между аэробными и анаэробными бактериями с возрастанием глубины озерных донных отложений (Bell, Dutka, 1972). Как в поверхностных, так и в глубинных слоях доля гнилостных бактерий в бактериобентосе песчаных грунтов ниже, чем илистых (прилож. 19). Возможно, это объясняется сравнительно низкой степенью аэробности илистых седиментов по сравнению с песчаными (рис. 2).

В целом независимо от слоя залегания в донных осадках условно нетронутых биотопов гнилостные бактерии составляют 0,014% общей численности бактериобентоса. Это примерно в 1,6 раза ниже

доли сапрофитов и в 4,8 раза - доли олигокарбофилов, что указывает на доминирование аэробных процессов в донных отложениях малых рек Латвии.

При умеренном антропогенном воздействии в поверхностных слоях грунтов доля гнилостных бактерий в бактериобентосе возрастает в 3,3 раза, в среднем составляя 0,049 %. Наиболее выраженный эффект антропогенного воздействия наблюдается в увеличении доли гнилостных бактерий в бактериобентосе гравийных грунтов ( в 12 раз), наименее выраженный - в илстом песке (в 0,7 раза) и торфе (в 1,5 раза) (прилож. 19).

В глубинных слоях соотношение "гнилостные бактерии/общая численность" возрастает более значительно - в 7,1 раза и в среднем составляет 0,1 %. Это примерно в 2 раза выше данного соотношения в поверхностных слоях и подтверждает, что органическое загрязнение, обусловленное антропогенным воздействием на водосборе, сильнее влияет на изменение структуры бактериобентоса глубинных слоев по сравнению с поверхностными.

В умеренно загрязненных донных отложениях доля гнилостных бактерий в общем числе бактериобентоса в среднем составляет 0,074 %. По сравнению с соответствующим показателем в условно нетронутых грунтах это в 5,1 раза выше, но значительно ниже увеличения доли сапрофитов, и в незначительной мере превышает прирост олигокарбофилов (прилож. 17-19).

Сходное явление наблюдается и при сильном антропогенном воздействии на донные осадки.

В поверхностных слоях грунтов число гнилостных бактерий составляет в среднем 0,043 % общего числа микроорганизмов, то есть не наблюдается значительных изменений в структуре бактериобентоса по сравнению с донными осадками нетронутых и умеренно подверженных антропогенному воздействию биотопов (прилож. 19).

В глубинных слоях влияние загрязнения более выражено, гнилостные бактерии составляют в среднем 0,15 % общей численности бактериобентоса, что выше соответствующего показателя в условно нетронутых грунтах в 10,7 раза.

Соотношение "гнилостные бактерии/общая численность" в грунтах, подверженных сильному антропогенному влиянию, в целом составляет 0,096 %. Это в 6,8 раза выше, чем в донных отложениях условно нетронутых и в 1,3 раза выше, чем в подверженных умеренному антропогенному воздействию биотопов.

Итак, с приростом антропогенного воздействия на биотоп в структуре бактериобентоса наблюдается некоторое увеличение доли гнилостных бактерий, особенно в глубинных слоях. Однако это увеличение менее выражено по сравнению с приростом олигокарбофилов, и незначительно по сравнению с ярко выраженным увеличением сапрофитов. Доля гнилостных бактерий в структуре бактериобентоса является менее характерным показателем загрязненности донных отложений, чем доля сапрофитов.

## 5.2. Соотношения между группами гетеротрофных бактерий

### 5.2.1. Соотношение олигокарбофильных и сапрофитных бактерий

В донных отложениях малых рек Латвии соотношение числа олигокарбофильных и сапрофитных бактерий колеблется в больших пределах, начиная с некоторого превышения числа сапрофитов над олигокарбофилами и кончая превышением олигокарбофилов над сапрофитами в несколько десятков и сотен раз (прилож. 20).

Между числом сапрофитных и олигокарбофильных бактерий существует тесная взаимосвязь, которая выражается в высокой поло-

жительной корреляции:  $R_{\alpha; \beta} = 0,892$  ( $n = 292$ ,  $\alpha = 0,01$ ).

Положительная связь нами установлена также в поверхностных и глубинных слоях практически всех типов грунтов, за исключением глубинных слоев глинистых седиментов (табл. 28).

Различия между величинами соотношений "олигокарбофилы/сапрофиты" вызваны разным уровнем загрязнения донных отложений. При усилении антропогенного воздействия развитие олигокарбофильных бактерий водных сообществ незначительно превышает таковое сапрофитных бактерий, что связано с общей обогащенностью воды легкоокисляемыми органическими веществами (Винберг, 1973; Балмашова, 1985). Гавришова (1986) предлагает изменение величины соотношения численности бактерий, растущих на голодном агаре (или десятикратно разбавленном рыбо-пептонном агаре) по сравнению с таковой на рыбо-пептонном агаре использовать в качестве индикатора изменения трофического состояния воды. Индекс трофичности "олигокарбофилы/сапрофиты" может служить также индикатором структуры ценозов бактериобентоса. То, что этот индекс в донных осадках зависит от степени антропогенного воздействия на речную экосистему, проявляющегося в увеличении органического загрязнения среды, установлено нами в малых реках Латвии (Вейланде, 1984; Спринье, 1987, а, б; 1988).

В осадках условно нетронутых биотопов соотношение "олигокарбофилы/сапрофиты" в среднем составляет 6,3 и выше в поверхностных слоях по сравнению с глубинными (прилож. 20).

В поверхностных слоях грунтов наиболее выражено доминирование олигокарбофилов над сапрофитами в глинах, суглинках и торфе (13,4; 12,4 и 91), в глубинных слоях - в глинах и гравии (10,8 и 7,8). Наименьшие значения соотношения "олигокарбофилы/сапрофиты" как в поверхностных (4,1), так и в глубинных (2,6) слоях грунтов

Таблица 23

Коэффициенты корреляции  $r_{\alpha;n}$  между численностью сапробитных и олигокарбонильных бактерий в донных отложениях

Тип донных отложений	Поверхностные слои			Глубинные слои		
	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$
Гравий	33	0,930	0,01	15	0,956	0,01
Крупнозернистый песок	15	0,496	0,1	17	0,905	0,01
Мелкозернистый песок	28	0,989	0,01	22	0,991	0,01
Илистый песок	30	0,969	0,01	21	0,994	0,01
Песчаный ил	19	0,969	0,01	15	0,997	0,01
Ил	19	0,723	0,01	5	0,967	0,01
Детрит	7	0,907	0,01	1	-	
Торф	7	0,998	0,01	4	0,937	0,1
Глина	7	0,758	0,05	9	0,081	
Суглинки	8	0,803	0,02	10	0,837	0,01
В целом по слоям	173	0,869	0,01	119	0,918	0,01

В целом поверхностные и глубинные слои

$$r_{\alpha;n} = 0,892 \quad (n = 292, \alpha = 0,01).$$

n - объем выборки;

$\alpha$  - уровень существенности.



наблюдается в илах. Очевидно, состав органических веществ по слоям несколько различается, но в илстых донных осадках более способствует развитию сапрофитов по сравнению с олигокарбофилами.

Под влиянием умеренной антропогенной нагрузки происходит снижение значения соотношения "олигокарбофилы/сапрофиты" в 2,2 раза по сравнению с условно нетронутыми седиментами, в среднем составляя 2,9.

В поверхностных слоях грунтов данное соотношение снизилось в 3,3 раза и в среднем составляло 2,2, а в глубинных слоях снижение менее выражено - в 1,5 раза и в среднем составляет 3,6. Характерно, что снижение преваширования олигокарбофилов над сапрофитами в поверхностных слоях наиболее выражено в тех ценозах, в которых при отсутствии антропогенной нагрузки это преваширование наиболее яркое (прилож. 20).

Менее выражено изменение структуры гетеротрофной части бактериобентоса при дальнейшем увеличении антропогенного воздействия. В среднем соотношение "олигокарбофилы/сапрофиты" в донных отложениях биотопов, подверженных сильному антропогенному воздействию, составляет 1,9. Это в 3,3 раза меньше соответствующего показателя в грунтах условно нетронутых биотопов или в 1,5 раза - биотопов, подверженных умеренному антропогенному воздействию.

При сильном антропогенном воздействии на грунты более выраженное убывание преваширования олигокарбофилов над сапрофитами наблюдается в глубинных слоях по сравнению с поверхностными - в 2,0 раза и 1,1 раза соответственно по сравнению с донными отложениями, подверженными умеренной антропогенной нагрузке. В среднем в поверхностных слоях соотношение "олигокарбофилы/сапрофиты" составляет 2,0, в глубинных слоях - 1,8.

Снижение значения данного соотношения под влиянием нарастающей антропогенной нагрузки на донные осадки ( $6,3 > 2,9 > 1,9$ ) указывает на органическую природу загрязняющих веществ, которые содействуют сокращению разрыва между числом сапрофитных и олигокарбофильных бактерий.

Соотношение "олигокарбофилы/сапрофиты" позволяет дать более полную характеристику структуры бактериобентоса и тем самым - состояния загрязненности грунтов.

### 5.2.2. Соотношение сапрофитных и гнилостных бактерий

В донных осадках малых рек Латвии существует положительная связь между числом гнилостных и сапрофитных бактерий  $r_{\alpha;n} = 0,339$  ( $n = 254; \alpha = 0,01$ ), а также между числом гнилостных бактерий и олигокарбофилов  $r_{\alpha;n} = 0,348$  ( $n = 250; \alpha = 0,01$ ). Это противоречит установленной обратной связи между количеством олигокарбофильных и гнилостных бактерий в грунтах оз. Байкал (Максимова и др., 1983).

Вследствие образования сравнительно однообразных условий в поверхностных слоях донных отложений четко выражена положительная связь между численностью гнилостных и сапрофитных бактерий:  $r_{\alpha;n} = 0,499$  ( $n = 155, \alpha = 0,01$ ) и между численностью гнилостных и олигокарбофильных бактерий:  $r_{\alpha;n} = 0,523$  ( $n = 150, \alpha = 0,01$ ). Высокие значения коэффициентов корреляции наблюдаются в тех осадках, для которых характерен высокий окислительно-восстановительный потенциал (табл. 24, 25).

В глубинных слоях донных отложений корреляционных отношений между численностью гнилостных и сапрофитных и гнилостных и олигокарбофильных не установлено, хотя в грунтах некоторых типов

Таблица 24

Коэффициенты корреляции  $r_{\alpha;n}$  между численностью сапрофитных и гнилостных бактерий в донных отложениях

Тип донных отложений	Поверхностные слои			Глубинные слои		
	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$
Гравий	29	0,955	0,01	11	0,984	0,01
Крупнозернистый песок	11	-0,240		8	0,165	
Мелкозернистый песок	27	0,451	0,02	17	0,151	
Илистый песок	25	0,622	0,01	21	0,118	
Песчаный ил	18	0,295		14	0,000	
Ил	18	0,358		4	0,035	
Детрит	6	-0,026		2	-	
Торф	6	0,421		3	-	
Глина	7	0,955	0,01	8	0,338	
Суглинки	8	0,518		11	0,584	0,1
В целом по слоям	155	0,499	0,01	99	0,070	

В целом поверхностные и глубинные слои

$$r_{\alpha;n} = 0,399 \quad (n = 254; \alpha = 0,01)$$

n - объем выборки;

$\alpha$  - уровень существенности.

Таблица 25

Коэффициенты корреляции  $r_{\alpha;n}$  между численностью  
олигокарбобильных и гнилостных бактерий  
в донных отложениях

Тип донных отложений	Поверхностные слои			Глубинные слои		
	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$	n	$r_{\alpha;n}$	$\alpha$
Гравий	30	0,914	0,01	12	0,900	0,01
Крупнозернистый песок	11	0,994	0,01	8	0,163	
Мелкозернистый песок	25	0,245		19	0,441	0,1
Илистый песок	23	0,683	0,01	20	0,091	
Песчаный ил	18	0,215		14	0,069	
Ил	18	0,415	0,1	4	0,273	
Детрит	5	0,261		1	-	
Торф	6	-0,145		4	-0,013	
Глина	7	0,890	0,01	8	0,668	0,1
Суглинки	7	0,795	0,05	10	0,798	0,01
В целом по слоям	150	0,523	0,01	100	0,044	

В целом поверхностные и глубинные слои

$$r_{\alpha;n} = 0,348 \quad (n = 250; \alpha = 0,01)$$

n - объем выборки;

$\alpha$  - уровень существенности.

отмечается существенная положительная связь (табл. 24, 25). Эта связь, очевидно, объясняется комплексом физико-химических показателей, способствующих развитию как аэробных, так и факультативно анаэробных микроорганизмов в данных типах седиментов.

Так как донные отложения малых рек Латвии имеют сравнительно высокие значения окислительно-восстановительного потенциала (рис. 2), влияние антропогенной деятельности на структуру бактериобентоса проявляется главным образом в увеличении доли аэробных гетеротрофов, и в первую очередь сапрофитов. Поэтому далее нами рассматриваются изменения именно отношения "сапрофиты/гнилостные бактерии" в условиях антропогенного воздействия разной степени.

В донных отложениях малых рек Латвии количество сапрофитов превышает численность гнилостных бактерий (прилож. 7), однако уровень превышения различается в зависимости от интенсивности антропогенного воздействия.

В условно нетронутых донных осадках соотношение "сапрофиты/гнилостные бактерии" в среднем составляет 4,5.

В поверхностных слоях грунтов сапрофитов в 3,1 раза, а в глубинных слоях - в 5,8 раза больше, чем гнилостных бактерий, при этом наибольшая разница отмечается в поверхностных и глубинных слоях крупнозернистого песка. Превышение анаэробов над аэробами наблюдается лишь в поверхностных слоях детрита и в глубинных слоях торфа (прилож. 21).

Под умеренным антропогенным воздействием в седиментах происходит значительный прирост численности сапрофитных бактерий по сравнению с гнилостными (прилож. 10, 12). Соотношение "сапрофиты/гнилостные бактерии" достигает 26,0.

Однако необходимо отметить, что значения этого соотношения имеют колебания - весьма значительные как в поверхностных, так

и в глубинных слоях (прилож. 21).

По сравнению с нетронутыми седиментами донные отложения, подверженные умеренной антропогенной нагрузке, содержат в 9,4 раза больше сапрофитных, чем гнилостных бактерий в поверхностных слоях, и в 3,9 раза больше в глубинных слоях. В среднем соотношение "сапрофиты/гнилостные бактерии" в поверхностных слоях грунтов составляет 29,2, в глубинных - 22,8.

Тенденция возрастания величины "сапрофиты/гнилостные бактерии" сохраняется в донных осадках, подверженных сильному антропогенному воздействию. Здесь это соотношение составляет в среднем 138,8, что примерно в 28,6 раза выше соответствующего показателя в нетронутых седиментах, или в 5,3 раза - в умеренно загрязненных.

Рассматривая грунты по слоям, видно, что более выражен эффект сильного загрязнения на прирост соотношения "сапрофиты/гнилостные бактерии" в глубинных слоях по сравнению с поверхностными (прилож. 21).

Усредняя данные, можно заключить, что в грунтах под умеренным антропогенным воздействием происходит пятикратное увеличение соотношения "сапрофиты/гнилостные бактерии" по сравнению с грунтами условно нетронутых биотопов.

Под сильным антропогенным воздействием происходит дальнейшее увеличение данного соотношения в пять раз. Это явление объясняется более значительным приростом числа сапрофитов и их доли в структуре бактериобентоса по сравнению с гнилостными бактериями при увеличении антропогенной нагрузки на малые реки Латвии.

Глава 6. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КАК КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ  
УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

6.1. Фоновые природные биотопы

В осадках условно нетронутых биотопов общая численность бактериобентоса в среднем составляет 250,0 млн.кл./г. Более развиты микробиоценозы поверхностных слоев донных отложений по сравнению с глубинными - общая численность микроорганизмов 290,0 и 210,0 млн.кл./г соответственно.

Поверхностные слои донных осадков также содержат больше гетеротрофных бактерий и их доля в общей структуре бактериобентоса выше, чем в глубинных слоях (табл. 26).

В грунтах биотопов фоновое загрязнение доминируют олигокарбофилы, превышая количество сапрофитов в среднем в 6,3 раза. Менее развиты гнилостные бактерии, число которых ниже численности сапрофитов в 4,5 раза (табл.26).

Гетеротрофная активность микроорганизмов в грунтах условно нетронутых биотопов составляет в среднем 0,028 мкг С/кг в сутки.

Значения рН среды указывают на нейтральную реакцию как в поверхностных, так и в глубинных слоях донных отложений. Окислительно-восстановительные условия, выраженные  $E_h$  и  $pH_2$ , благоприятные в поверхностных слоях грунтов, но в глубинных - несколько занижены (прилож.22).

Концентрация органических веществ колеблется в широких пределах в зависимости от типа донных отложений - минимальные значения отмечаются в гравии, максимальные - в торфе (прилож.23).

Большинство исследованных биотопов малых рек Латвии по ми-

Таблица 26

Микробиологические параметры грунтов условно нетронутых ( I ), подверженных умеренному ( II ) и сильному ( III ) антропогенному воздействию биотопов

Микробиологические показатели	I			II			III		
	пов. слой	глуб. слой	в среднем	пов. слой	глуб. слой	в среднем	пов. слой	глуб. слой	в среднем
Общая численность (млн. кл./г)	290,0	210,0	250,0	320,0	150,0	235,0	460,0	200,0	330,0
Сапрофиты (тыс. кл./г)	65,0	27,0	46,0	420,0	300,0	360,0	3880,0	4440,0	4160,0
Олигокарбонилы (тыс. кл./г)	210,0	110,0	160,0	680,0	530,0	610,0	6360,0	9050,0	7700,0
Гнилостные бактерии (тыс. кл./г)	40,0	13,5	27,0	130,0	80,0	105,0	285,0	140,0	210,0
Сапрофиты/общая численность ( % )	0,024	0,014	0,02	0,15	0,31	0,2	2,0	2,2	2,0
Олигокарбонилы/общая численность ( % )	0,080	0,065	0,07	0,25	0,44	0,35	2,5	4,1	3,3
Гнилостные бактерии/общая численность ( % )	0,015	0,014	0,014	0,05	0,10	0,075	0,04	0,15	0,1
Олигокарбонилы/сапрофиты	7,3	5,4	6,3	2,2	3,6	2,9	2,0	1,8	1,9
Сапрофиты/гнилостные бактерии	3,1	5,8	4,5	29,2	22,8	26,0	30,9	246,7	138,8
Темновая ассимиляция (мкг С/кг·сутки)	0,020	0,037	0,028	0,023	0,015	0,019	0,045	0,060	0,052



микробиологическим данным соответствуют фоновому состоянию, которое определяется как олиго-бета-мезосапробное. Это согласуется с оценкой фонового состояния данных рек по исследованиям зоопланктона (Цимдинь, 1989).

### 6.2. Умеренно загрязненные биотопы

В поверхностных слоях донных отложений биотопов, подверженных умеренному антропогенному воздействию, наблюдается прирост общей численности бактериобентоса, тогда как в глубинных слоях такое явление не отмечается (табл. 29).

Четкого увеличения общей численности микроорганизмов в грунтах при нарастании антропогенного воздействия на речную экосистему не отмечается: общая численность бактериопланктона составляет 235,0 млн.кл./г, что ниже соответственного показателя в условно нетронутых донных отложениях (табл. 26).

В то же время значительные изменения в структуре бактериобентоса связаны с увеличением числа гетеротрофных бактерий (табл. 26). Такое явление свидетельствует об органической природе загрязнения (Нашков, 1975).

В донных отложениях биотопов, подверженных умеренному антропогенному воздействию, число сапрофитов в среднем достигает 360,0 тыс.кл./г, или 0,2 % общей численности. Увеличение доли сапрофитов в структуре бактериобентоса происходит на порядок по сравнению с грунтами условно нетронутых биотопов (табл. 26).

Увеличивается также число и доля олигокарбофилов в бактериобентосе. Более выражено это увеличение в глубинных слоях донных отложений по сравнению с поверхностными (табл. 26). В целом олигокарбофилы седиментов в условиях умеренного антропогенного воздействия являются доминирующей группой гетеротрофов и составляют 600,0 тыс.кл./г, однако по сравнению с фоновыми величинами сни-

хается соотношение "олигокарбофилы/сапрофиты", составляя 3,0 (табл. 26).

Изменения структуры бактериобентоса связаны также с гнилостными бактериями. Число и доля этих бактерий в грунтах возрастает как в поверхностных, так и в глубинных слоях (табл. 26). В общем гнилостные бактерии составляют 100 тыс.кк./г, что в 4 раза больше, чем в грунтах условно нетронутых биотопов. В это же время наблюдается увеличение соотношения "сапрофиты/гнилостные бактерии", которое достигает 26,0.

Анализируя полученные результаты, видим, что основные изменения в структуре бактериобентоса связаны с абсолютным и относительным приростом сапрофитов по сравнению с олигокарбофилами и гнилостными бактериями (табл. 26).

В биотопах, подверженных антропогенному воздействию, по сравнению с условно нетронутыми, гетеротрофная активность микроорганизмов, определенная по темновой ассимиляции  $C/CO_2$ , увеличивается в поверхностных слоях, но снижается с глубиной донных отложений (табл. 26).

Активная кислотность грунтов снижается как в поверхностных, так и в глубинных слоях донных отложений. Окислительно-восстановительные условия в целом меняются незначительно, в поверхностных слоях потенциал снижается, в глубинных - повышается (прилож. 13). Заметное увеличение концентраций органических веществ в разнотипных донных осадках под влиянием антропогенной деятельности не наблюдается (прилож. 14).

По микробиологическим данным, грунты биотопов, подверженных умеренной антропогенной нагрузке, являются загрязненными и в системе сапробности характеризуются как  $\alpha$ -мезосапробные.

### 6.3. Сильно загрязненные биотопы

Увеличение антропогенного воздействия на биотопы влечет за собой изменения количественного и качественного состава бактериобентоса.

В поверхностных и глубоких слоях грунтов происходит увеличение общей численности бактериобентоса по сравнению с величиной общей численности в седиментах фонового состояния (табл. 26).

В целом при сильном антропогенном воздействии общая численность составляет 330,0 млн.кл./г, что незначительно превышает соответствующие показатели в донных отложениях условно нетронутых (в 1,3 раза) и умеренно подверженных антропогенному воздействию (в 1,4 раза) биотопов. Следовательно, общая численность бактериобентоса, в целом являясь важным показателем экологического состояния, одна не характеризует донные отложения с микробиологической точки зрения, особенно в условиях прироста антропогенного воздействия на водосборной площади.

В структуре бактериобентоса увеличивается число и доля сапрофитных бактерий, особенно в глубоких слоях седиментов (табл. 26). В среднем число сапрофитов достигает величины 4100 тыс.кл./г, что составляет 2,0 % от общего числа бактериобентоса. В донных осадках под сильным антропогенным воздействием число сапрофитов выше соответствующих данных в условно нетронутых биотопах в 90,0 раз подверженных умеренному антропогенному воздействию - почти в 11,4 раза.

Наши данные о превосходстве сапрофитных бактерий и их доли в структуре бактериобентоса над общим числом микроорганизмов как критериев оценки загрязнения донных отложений согласуются с выводами Зандмане (1984).

Возрастает также число и доля олигокарбофилов в бактериобентосе - в среднем их численность достигает 7700 тыс.кл./г, что составляет 3,3 % общего числа микроорганизмов (табл. 26). Вместе с тем наблюдается снижение соотношения "олигокарбофилы/сапрофиты" до 1,9.

Увеличение антропогенной нагрузки сказывается также на дальнейшем увеличении количества и доли гнилостных бактерий, однако в меньшей степени, чем аэробных гетеротрофов - сапрофитов (табл. 26). Среднее число гнилостных бактерий в донных отложениях, находящихся под сильным антропогенным воздействием, достигает 210,0 тыс.кл./г, или 0,1 % общего числа бактериобентоса. Отмечается выраженное увеличение соотношения "сапрофиты/гнилостные бактерии", которое достигает 140,0, что объясняется более выраженным приростом числа сапрофитных бактерий по сравнению с гнилостными (табл. 26).

С нарастанием загрязнения при сильном антропогенном воздействии увеличивается темновая ассимиляция микроорганизмов, характеризующая гетеротрофную активность бактериобентоса (табл. 26).

Изменения физико-химических условий в грунтах при значительной антропогенной нагрузке отражаются в снижении рН среды и окислительно-восстановительного потенциала поверхностных слоев по сравнению с донными осадками условно нетронутых биотопов (прилож. 13).

Рассматривая гидрохимические особенности отдельных типов грунтов, следует отметить тенденцию увеличения концентрации органических веществ, однако в целом четкого увеличения этого показателя не наблюдается (прилож. 14).

При сравнении донных отложений разной степени антропогенной нагрузки, находим, что главные изменения в структуре бактериобентоса связаны с приростом гетеротрофных, особенно сапрофитных,

бактерий. Одновременно меняются взаимоотношения между группами самих гетеротрофных бактерий - снижается соотношение "олигокарбонилы/сапротиты" и увеличивается соотношение "сапротиты/гнилостные бактерии". Наблюдается тенденция увеличения гетеротрофной активности микроорганизмов при возрастании антропогенной нагрузки. Это подтверждает предположение, что антропогенное воздействие связано главным образом с увеличением органического загрязнения. Однако вместе с тем происходит и евтрофикация малых рек, на что указывает тенденция увеличения общей численности бактериобентоса под влиянием роста антропогенной нагрузки.

Микробиологические изменения связаны с определенными изменениями рН и окислительно-восстановительного потенциала в донных отложениях.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение бактериобентоса с экологической точки зрения является важной частью комплексных исследований речных экосистем, при этом особое значение имеет установление особенностей структур бактериобентоса и факторов, определяющих его развитие. Особую актуальность проблема исследования бактериобентоса как активного фактора самоочищения получает в условиях нарастающего антропогенного воздействия на водосборной площади.

Полученные результаты впервые выявляют критерии уровня загрязненности донных отложений по бактериобентосу. Эмпирические данные региональные, но подход к изучению бентических микробиоценозов и критерии оценки грунтов по анализу структуры бактериобентоса могут быть экстраполированы, так как они связаны с общими закономерностями развития биоценозов в зависимости от уровня антропогенной нагрузки.

Наша работа может быть использована при установлении предельно допустимых нагрузок на речные экосистемы в целях поддержания в них оптимальных экологических условий.

В дальнейшем изучение бактериобентоса необходимо продолжить в направлении углубленного исследования основных физиологических групп бактерий, не рассмотренных в данной работе, особенно их эколого-биологические особенности, опираясь на результаты представленной диссертации, в частности, используя представление об органической природе загрязняющих веществ малых рек Латвии.

За помощь, оказанную в период полевых исследований и при оформлении данной работы, выражаю благодарность коллективу сотрудников лаборатории гидробиологии Института биологии Академии наук Латвии.

## ВЫВОДЫ

1. Впервые на 48 малых реках Латвии проведены микробиологические исследования, главным образом - бактериобентоса, в 98 различных биотопах, выделенных на основе сходства донных отложений ( гравий, крупнозернистый, мелкозернистый, и илистый песок, песчаный ил, ил, детрит, торф, глина, суглинки ) как интегрирующего элемента взаимодействия экологических факторов при учете степени антропогенного воздействия на речные экосистемы. Развитие бактериобентоса малых рек Латвии определяется сложным комплексом взаимосвязанных гидрологических и физико-химических параметров, специфических для каждого биотопа, в свою очередь жизнедеятельность микроорганизмов бентических сообществ оказывает влияние на среду обитания.

2. Анализ связи бактериобентоса с факторами окружающей среды показывает существование невысоких, но достоверных корреляций между ними. Отрицательные корреляции установлены между расходом воды и общей численностью бактериобентоса, скоростью течения и числом сапрофитов, рН и общей численностью бактериобентоса, а также числом сапрофитов,  $E_h$  и общей численностью бактериобентоса,  $E_h$  и числом гнилостных бактерий в поверхностных слоях грунтов,  $rH_2$  и общей численностью бактериобентоса,  $rH_2$  и числом сапрофитных, олигокарбофильных и гнилостных бактерий в поверхностных слоях донных отложений. Положительные корреляции установлены между температурой и числом аэробных гетеротрофных бактерий ( сапрофитов и олигокарбофилов ), между  $E_h$ ,  $rH_2$  и числом сапрофитов, степенью зарастания биотопа высшими водными растениями и общей численностью бактериобентоса.

Общая численность бактериобентоса и число аэробных гетеро-

трофных бактерий не имеют связи с концентрацией органических веществ в донных отложениях.

3. Донные отложения и водная толща являются взаимодействующими компонентами малых рек, что подтверждают положительные корреляции между сапрофитными, и гнилостными бактериями, а также между общей численностью микроорганизмов в воде и донных отложениях. В грунтах малых рек микробиологические показатели в среднем на два - три порядка выше соответствующих в водной толще.

4. В фоновых биотопах наивысшие значения общей численности бактериобентоса отмечаются в поверхностных слоях суглинков ( 398,2 млн.кл./г ), сапрофитов - песчаного ила ( 114,6 тыс.кл./г ), олигокарбофилов - глины ( 287,2 тыс.кл./г ), гнилостных бактерий - илистого песка ( 73,7 тыс.кл./г ).

Средние значения численности бактериобентоса характеризуются высокими стандартными отклонениями, однако отмечается тенденция к увеличению общей численности бактериобентоса и числа гетеротрофных бактерий с уменьшением гранулометрического состава грунтов.

5. Максимальная численность бактериобентоса отмечена в контактном слое " вода - донные отложения " ( 1 - 3 мм ) по сравнению с глубинными слоями ( 5 - 10 см ). В среднем, общая численность бактериобентоса здесь выше в 1,6 раза, число сапрофитов - в 2,4 раза, число олигокарбофилов - в 1,7 раза, число гнилостных бактерий в 2,8 раза, однако при учете стандартных отклонений математически достоверного презакирования не установлено.

6. Увеличение антропогенной нагрузки на малые реки приводит к приросту абсолютной и относительной численности гетеротрофных микроорганизмов : число сапрофитов возрастает в среднем 87,0 раз ( от 0,02 до 2,0 % общей численности ); число олигокарбофилов -



в 48,5 раз ( от 0,07 до 3,3 % ); число гнилостных бактерий - в 9,6 раз ( от 0,014 до 0,1 % ), что указывает на органическую природу загрязнения. Одновременно соотношение " олигокарбофилы / сапрофиты " снижается с 3,6 до 1,9, соотношение " сапрофиты / гнилостные бактерии " увеличивается с 1,7 до 170, а величина темновой ассимиляции возрастает с 0,028 до 0,052 мкг С/ кг · сутки. При этом общая численность в среднем увеличивается в 1,3 раза, являясь практически постоянной величиной.

7. Степень антропогенной нагрузки определяет прирост соотношения " сапрофиты / общая численность ", являющегося главным критерием оценки загрязненности донных отложений: 0,02 % и менее - чистые ( олиго-бета-мезосапробные ); 0,2 - загрязненные ( альфа - мезосапробные ); 2,0 % и более - грязные ) полисапробные ). В большинстве биотопов малых рек Латвии данное соотношение не превышает 0,02 % , что дает возможность принять их в качестве фоновых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев В.В. Бактериопланктон Саяно-Шушенского водохранилища: Автореф. дис... канд.бисл.наук: 03.00.18. - Иркутск, 1987. - 24 с.
2. Адиятова Ж.Ф. Распределение общей численности и физиологических групп микроорганизмов в Аральском море: Дис....канд.б.н. Алма-Ата, 1968. - 164 с.
3. Акимов В.А. Изменение показателей прямого счета бактерий в культурах и прудовой воде при различном рН// Микробиол. - 1975. - Т.44. - Вып. I. - с.163-165.
4. Алексин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А. Руководство по химич. анализу вод суши// Гидрометеиздат, Л., 1973. 268 с.
5. Александрова Д.Н. Бактериопланктон и микрофлора донных отложений Онежского озера// Микробиология и первичная продукция Онежского озера. - Л.: Наука, 1973. - с.5-83.
6. Александрова Д.Н. Микробиологическая характеристика озер Воже и Лача// Гидробиология озер Воже и Лача (В связи с прогнозом качества вод, перебрасываемых на юг). - Л.: Наука, 1978. - С.87-101.
7. Алябина Г.А. Методические аспекты изучения влияния почвенного покрова водосбора на формы фосфора, поступающего в озеро// Методические аспекты лимнологического мониторинга. - Л.: Наука, 1988. С.140-145.
8. Андрушайтис Г.П., Цимдинь П.А., Родинов В.И. Организация фонового мониторинга поверхностных вод в бассейнах крупных рек // Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей среды. Тр. II Междунар. симпоз. - Л., 1982. - С.220-224.
9. Андрушайтис Г.П., Цимдинь П.А., Родинов В.И. Принципы и ме-

- годы структурно-функционального анализа водных экосистем// Проблемы фоновго мониторинга состояния природной среды. - Л., Гидрометеоиздат, 1982. - С.220-225.
10. Андрушайтис Г.П., Цицдинь П.А., Родинов В.И. Принципы и методы оценки структурно-функционального состояния водных экосистем// Разработка и внедрение на комплексных фоновых станциях методов биологического мониторинга. Отв.ред.: Андрушайтис Г.П. Рига: Зинатне, 1983. - Т.1. - С.40-45.
11. Антипчук А.Ф. Численность и распределение микроорганизмов в некоторых рыбоводных прудах УССР// Рыбное хозяйство. - 1971. - Т. 13. - С.96-101.
12. Апинс С. Микрофлора грунтов прибрежной зоны Рижского залива// Среда и гидробиоценозы Рижского залива. - Рига: Зинатне, 1982. - С.131-137.
13. Апинс С.О., Вотва У.Я. Санитарное состояние приурезовой зоны Рижского залива по микробиологическим показателям// Среда и гидробиоценозы Рижского залива. - Рига: Зинатне, 1982. - С.123-130.
14. Астапович И.Т., Ворнова Г.П., Просяник П.В. и др. Оценка гидрохимического, гидробиологического и токсикологического состояния малых рек вга Белоруссии// Биологические и рыбохозяйственные исследования водоемов Прибалтики. Тезисы докладов XXI науч. конференции по изучению и освоению водоемов Прибалтики и Белоруссии. - Псков, сентябрь, 1983. - Т.1. - С.123-124.
15. Балкин В.Н. Трансформация соединений  $\text{H}_2\text{O}$  в системе вода - донные отложения// Органическое вещество и биогенные элементы во внутренних водоемах. Тез. докл. IV Всесоюзного симпозиума. - Петрозаводск, 1983. - С.6-7.

16. Башмакова И.Х. Функциональная характеристика бактериопланктона как фактора самоочищения Дунайских вод: Автореф. ... дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18. - Киев, 1985. - 20 с.
17. Башмакова И.Х., Рубан Н.С. Бактериопланктон малой реки Таль.- Киев, 1986. - 18 с.
18. Буторин А.Н. Активность микрофлоры на границе воды и донных отложений// Взаимодействие между водой и седиментами в озерах и водохранилищах. Материалы школы-семинара. - Д.: Наука, 1983. - С.248-253.
19. Буторин А.Н. К вопросу о численности микроорганизмов ряда физиологических групп на границе донные отложения - вода в озерах Карелии// Структура и функционирование сообществ водных микроорганизмов: Сиб.отд.: Наука, 1986. - С.10-15.
20. Быковский В.И. Характеристики движения воды и размножения водорослей// Гидробиол. журн. - 1984. - Т.20. - № 4. - С.39-44.
21. Вейланде Г.Х. Структура сообществ микроорганизмов донных отложений как показатель степени нарушения лимнических экосистем// Молодежь, наука, производство. Тез.конф.мол.уч. АН Молд. ССР, посвящ. 60-летию образования Молд. ССР и созд. компарт. Молд., 18-19 дек. 1984 г. - Кишинев, 1984. - С.100-101.
22. Вейланде Г.Х., Диепа Р.А. Бактериальный и протозойный бентос малых рек Латвии// Гидробиол. журн. - 1985. - Т. XXI. - № 1. - С.36-45.
23. Вельнер Х., Лойгу Э., Саава А. К вопросу экологического нормирования биогенных веществ в воде малых рек// Пробл. и современные экологические аспекты охраны окружающей среды в Эстонии. - Тез. докл. 2-ой Республ. экологической конференции. - Тарту, 1982. - С.102.

24. Вендров С.Л., Коронкевич Н.И., Субботин А.И. Проблемы малых рек// Вопросы географии. Малые реки. Сб. 118. - М.: Мысль, 1981. - С.11-18.
25. Верниченко А.А. Классификация поверхностных вод, основывающаяся на оценке их качественного состояния// Комплексные оценки качества поверхностных вод: Под ред. Никанорова А.И. и др. - Л.: Гидрометеоиздат, 1984. - С.14-23.
26. Винберг Г.Г. Биологические процессы и самоочищение на загрязненных участках реки (на примере верхнего Днепра): Минск: Изд-во Белорус. ун-та, 1973. - 191 с.
27. Винберг Г.Г. Концептуальные основы, перспективные задачи и вопросы кадрового обеспечения гидробиологических исследований// Гидробиол. журн. - 1988. - Т.24. - № 3. - С.3-30.
28. Воронков Н.А. Влияние лесных насаждений на сток и качество воды малых рек// Вопросы географии. Сб. 118. Малые реки. М.: Мысль, 1981. - С.97-108.
29. Воронова Г.П., Дячнович В.П., Куцко Д.А. Развитие микрофлоры в грунтах рыбоводных прудов// Структура и функционирование сообществ водных микроорганизмов. - Сибирское отделение "Наука", 1986. - С.15-20.
30. Гавришова Н.А. Распространение гетеротрофных и олигокарбофильных бактерий в водоемах и водотоках Украины// Структура и функционирование сообществ водных микроорганизмов. Сиб.отд.: Наука, 1986. - С.211-213.
31. Гальцова В.В., Павлюк О.Н. Окислительно-восстановительный потенциал и вертикальное распределение мейобентоса// Гидробиол. журн. - 1987. - Т.23. - № 4. - С.28-34.
32. Гамбарян М.Б. Микрофлора озера Севан: Ереван: Изд-во АН Арм. ССР, 1968. - 166 с.

33. Гидробиологический режим малых рек в условиях антропогенного воздействия/ Под.ред. Г.П.Андрушайтиса и О.Л.Качаловой. - Рига: Зинатне, 1981. - 166 с.
34. Глазачева Л.И. Типы рек Латвийской ССР по термическому режиму// Изв.АН Латв.ССР. - 1976. - № 1. - С.53-63.
35. Гоман Г.А. Влияние сточных вод Байкальского целлюлозного завода на микробиологические процессы в воде и грунтах Южного Байкала: Автореф. дис. ... канд.биол.наук: 03.00.18. - Иркутск, 1973. - 19 с.
36. Гоман Г.А. Микрофлора воды и грунтов южной части Байкала// Микрофлора почв и вод бассейнов Сибири и Дальнего Востока. - Томск: Томский университет, 1976. - С.228-230.
37. Головки Т.В., Потопова Н.А., Кратасюк Т.П. Бактериобентос Киевского и Кременчугского водохранилищ// Гидробиологический журнал. - 1982. - Т.18. - № 5. - С.76-81.
38. Горбенко Ю.А. О наиболее благоприятном количестве сухого питательного агара в среде для культивирования морских гетеротрофных бактерий// Микробиология. - 1961. - Т.30. - Вып. 1. - С.168-172.
39. ГОСТ 19179-73. Гидрология суши. Термины и определения. 1978.
40. Дзюбан А.Н. Распад органического вещества и микрофлора в донных отложениях некоторых озер Латвийской ССР// Водные ресурсы. - 1985. - № 6. - С.128-133.
41. Дзюбан А.Н. Определение деструкции органического вещества в донных отложениях водоемов// Гидробиол.журнал. - 1987. - Т.23. - № 2. - С.30-35.
42. Дзюбан А.Н., Тимакова Т.М. Микрофлора и деструкция органического вещества в воде и донных отложениях Пертозера// Гидробиол.журн. - 1986. - Т.22. № 3. - С.40-44.

43. Донецкая В.В. Бактериопланктон Волгоградского водохранилища: Автореф. дис. ... канд.биол.наук: 03.00.18. - Москва, 1980.- 24 с.
44. Драбкова В.Г. Сезонное изменение численности бактерий в илах как функция лимнологических процессов озера Красного// Круговорот вещества и энергии в озерных водоемах. - Новосибирск: Наука, 1975. - С.65-68.
45. Драбкова В.Г. Зональное изменение интенсивности микробиологических процессов в озерах: Л.: Наука, 1981. - 212 с.
46. Зайцева И.С. Роль природных факторов при антропогенном изменении водных ресурсов малых рек русской равнины// Вопросы географии. Сборн. 118. Малые реки. - М.: Мысль, 1981. - С.93-97.
47. Зандмане А.К. Роль физиологических групп бактерий в изучении процессов самосчищения// Гидробиологический режим малых рек в условиях антропогенного воздействия/ Под ред. Г.П. Андрушайтиса, О.Л. Качаловой. - Рига: Зинатне, 1981. - С.40-53.
48. Зандмане А.К. Экология бактериопланктона рек Латвийской ССР в условиях антропогенного воздействия: Автореф. дис. ... канд.биол. наук: 03.00.18. - Минск, 1984. - 22 с.
49. Жукова А.И. Биомасса микроорганизмов донных осадков Северного Каспия// Микробиология. - 1955. - Т.24. - Вып. 3. - С.321-324.
50. Жукова А.И. Распределение и биомасса микроорганизмов в грунтах Азовского моря// Микробиология. - 1959. - Т.28. - Вып. 4. - С.581-585.
51. Иватин А.В. Динамика численности бактерий в воде и донных отложениях Куйбышевского водохранилища в 1966 году// Микробиология. - 1969. - Т.38. - Вып. 3. - С.525-530.

52. Иватин А.В. Микробиологические процессы продуцирования и деструкции органического вещества в Куйбышевском водохранилище: Дис ... канд.биол.наук, Тольятти, 1978. - 232 с.
53. Иткина Г.А. Бактериопланктон пресных вод и его участие в процессах деструкции органического вещества: Дис ... канд.биол. наук, Минск, 1978. - 235 с.
54. Иткина Г.А., Савельева О.Н., Иткина О.М. Микрофлора донных отложений оз.Нарочь// Гидробиол.журн. - 1984. - Т.20. - № 1. - с.49-52.
55. Константинова Л.Г. Влияние микробиологических процессов на кислородный режим водоемов дельты Аму-дарьи// Гидробиол. журн. - 1971. - Т.7. - № 2. - С.108-111.
56. Крисс А.Е. О роли нестойкого органического вещества аляк-тонного происхождения в продуктивности Мирового океана// ДАН СССР. - 1973. - Т.209. - № 6. - С.1442-1444.
57. Кузнецов В.К., Назаров Г.В. Вынос фосфора весенним стоком с основных сельскохозяйственных угодий// Изменение природных комплексов Нечерноземной зоны под воздействием хозяйственной деятельности человека: Калинин, 1982. - С.96-103.
58. Кузнецов С.И. Основные итоги и очередные задачи микробиологических исследований иловых озерных отложений// Тр. ВГБО. - 1949. - Т.1. - С.73-90.
59. Кузнецов С.И. Роль микроорганизмов в образовании сапропеллевых отложений// Микробиология. - 1951. - Т.20. - Вып. 3. - С.245.
60. Кузнецов С.И. Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность: Л.: Наука, 1970. - 440 с.
61. Кузнецов С.И., Романенко В.И. Окислительно-восстановительный потенциал в поверхностных слоях иловых отложений озер различ-



- ного типа// Докл. АН СССР. - 1963. - Т.151. - № 3. - С.679-682.
62. Кузнецов С.И., Романенко В.И., Карпова Н.С. Численность бактерий Рыбинского водохранилища в 1963 и 1964 гг./ Продукцирование и круговорот органич. вещества во внутр. водоемах. Тр. Инст.биол. внутр. вод АН СССР. - 1966. - Вып. 13 (16) - С.123-132.
63. Кузнецов С.И., Романенко В.И., Кузнецова Н.С. Численность бактерий, продукция и деструкция органического вещества в Рыбинском водохранилище в 1970 году// Тр. Ин-та биол. внутр. вод АН СССР. - 1974. - Вып. 26. - С.95-111.
64. Куткиев Д.В. Микробиологическая характеристика придунайских водоемов. Киев :Наукова Думка 1969. С.183-191.
65. Лиена Р.А., Вейланде Г.Х., Мелберга А.Г. Структурно-функциональные исследования речных экосистем Салацкого бассейна// Изв. АН Латв.ССР. - 1984. - № 8 (445). - С.80-87.
66. Лиена Р.А., Цимдинь П.А., Друзинетис И.Ю. и др. Биоценотическая структура малых рек Западно-Латвийской приморской низменности// Изв.АН Латв.ССР. - 1987. - № 7. - С.90-97.
67. Лойгу Э.О. Воздействии рассредоточенных нагрузок интенсивного полевого хозяйства на качество воды малых рек// Уч.записки Тартуского ун-та. - 1985. - № 701. - С.73-76.
68. Локк С.И. Численность и биомасса бактерий в открытых пространствах и зонах зарослей озера Виртсъярв: Автореф. дис. ... канд.биол.наук: 096 - Тарту, 1971. - 25 с.
69. Лукина Л.Ф., Смирнова Н.Н. Физиология высших водных растений: Киев: Наукова Думка, 1988. - 166 с.
70. Максимова Э.А., Максимов В.Н., Колесницкая Г.Н. и др. Биопродуктивность микробиоценозов донных отложений оз.Байкал//

Гидробиол. журн. - 1983. - Т.19. - В 6. - с. 9-14.

71. Малберга Д.Г. Бактериальный планктон, перифитон и бентос р.Салаца// Биоценотическая структура малых рек. Бассейн реки Салаца. - Рига:Зинатне, 1989. - С.28-39.
72. Мерекко А.И. Вопросы экологических исследований в бассейне малых рек// Рациональное использование и охрана водных ресурсов малых рек. - Таллинн, 1985. - С.124-125.
73. Мерекко А.И. Экологические проблемы эксплуатации малых рек// Гидробиол. журн. - 1987. - Т.23. - В 1.-С.3-8.
74. Мессинева М.А. Биохимическое исследование глубоководных осадков Байкала// Тр. Байкальской лимнол. ст. АН СССР. - 1957. - Т. XV. - С.199-211.
75. Младова Т.А. Микробиологическая характеристика донных отложений Байкала// Круговорот вещества и энергии в озерных водоемах. - Новосибирск: Наука, 1975. - С.246-250.
76. Мизандронцев И.Б. Донные отложения/ Элементы экосистемы Байкала. Отв.ред. И.Б.Мизандронцев, изд-во "Наука", Сиб.отд., Новосибирск, 1983. - с.46-99.
77. Михайленко Л.Е. Микробиологические процессы и бактериальная продукция в Киевском водохранилище. Количественная динамика бактерий в воде и грунтах водохранилища// Киевское водохранилище. - Киев: Наукова Думка, 1972. - С.249-255.
78. Морфоструктурный анализ речной сети СССР/Отв.ред. Герасимов М.П., Корухов С.С. - Москва: Наука, 1979. - 303 с.
79. Нечесов И.А. Формирование микробиоценозов донных отложений// Лимнология северного Байкала. - Новосибирск: Наука, 1983. - С.80-85.
80. Никитина Н.С. Сезонные изменения бактериального состава грунтов литорали восточного Муриана// Микробиология. - 1955. - Т.

24. - Вып. 5. - С.580-588.
81. Новожилова М.И. Определение вероятной ошибки при учете бактерий в водоемах методом прямого счета// Тр. VI Совец. по пробл. биологии внутр. вод, 10-19 июня 1957 г. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1959. - С.569-573.
82. Новожилова М.И. Микробиология Аральского моря. - Алма-Ата: Наука, 1973. - 158 с.
83. Новожилова М.И., Семенченко Г.В., Величко Е.Ф. и др. Общая численность и биомасса бактерий в Аральском море// Экологические аспекты водной микробиологии: Новосибирск: Наука, 1984. - С.35-42.
84. Одум Ю.П. Основы экологии. Москва: Мир, 1975. - 740 с.
85. Олейник Г.Н. Бактериопланктон, бактериобентос, микробиологические процессы и формирование качества воды в каналах: Автореф. дис. ... докт.биол.наук: 03.00.18. - Киев, 1984. - 45 с.
86. Отчет по научно-исследовательским темам и работам за 1981 г. АН ЛатвССР, Ин-т биологии, Лаб. общей гидробиологии, группа гидрохимии. - Рига-Саласпилс: 1982. - с.14-20.
87. Отчет по научно-исследовательским темам и работам за 1982 г. АН ЛатвССР, Ин-т биологии, Лаб. общей гидробиологии, Группа гидрохимии. - Рига-Саласпилс: 1983. - С.8-100.
88. Отчет по научно-исследовательским темам и работам за 1983 г. АН ЛатвССР, Ин-т биологии, Лаб. общей гидробиологии, Группа гидрохимии. - Рига-Саласпилс: 1984. - С.9-80; 283-306.
89. Отчет по научно-исследовательским темам и работам за 1984 г. АН ЛатвССР, Ин-т биологии, Лаб. общей гидробиологии, Группа гидрохимии. - Рига-Саласпилс: 1985. - С.39-139.
90. Павельева Е.Б., Васильева М.И., Сорокин Ю.И. Микрофлора

- грунтов и бентос оз.Дальнего (Камчатка)// Гидробиол.журн. - 1976. - Т.12. - № 5. - С.59-63.
91. Пасторс А.А. Районирование малых рек Латвийской ССР: Рига: Латв.респ.упр. по гидрометеорологии и контролю природной среды, 1986. - 218 с.
92. Першин А.Б., Коростылева А.Б., Иванова О.Н., Авинская Е.В. Особенности обменных процессов между донными отложениями и водой при перемешивании// Органическое вещество и биогенные элементы во внутренних водоемах. Тез.докладов IV Всесоюзного симпозиума. - Петрозаводск, 1983. - С. 97-99.
93. Разумов А.С. Прямой метод учета бактерий в воде. Сравнение его с методом Коха// Микробиология. - 1932. - Т.1. - Вып.2. - С.131-146.
94. Решеткова Н.Б. Численность микроорганизмов в зависимости от расхода воды в малых реках// Микробиология. - 1976. - Т.45. - Вып. 6. - С.1110-1113.
95. Решеткова Н.Б. Микрофлора некоторых малых водотоков и почв бассейна озера Байкал: Автореф. дис. ... канд.биол.наук: 03.00.18. - Алма-Ата, 1979. - 26 с.
96. Ринькис Г.Я., Рамане Х.К. Потери макро- и микроэлементов из почвы и необходимость их учета при оптимизации питания// Биологическая роль микроэлементов и их применение в сельском хозяйстве и медицине. Материалы VIII Всесоюз. конф. Ивано-Франковск: Изд-во Ивано-Франковского мед. ин-та, 1978. - С.220-221.
97. Родина А.Г. К вопросу о распределении микроорганизмов в грунтах водоемов// ДАН СССР. - 1960. - Т.133. - № 6. С.
98. Родина А.Г. Методы водной микробиологии. Практическое руководство. М.-Л.:Наука, 1965. - 363 с.

99. Родинев В.И. Гидробиологический мониторинг в условиях рационального фонового уровня загрязнения// Биологические ресурсы водоемов бассейна Балтийского моря. - Вильнюс, Ин-т зоол. и паразитол. АН Лит.ССР., 1987. - С.163-164.
100. Романенко В.И. Потенциальная способность микрофлоры воды к гетеротрофной ассимиляции углекислоты и к хемосинтезу// Микробиология. - 1963. - Т.32. - Вып. 4. - С.668-674.
101. Романенко В.И. Микробиологические процессы в водохранилищах различных типов: Автореф. дис. ... канд.биол.наук: 096 - М., 1964.а- 20 с.
102. Романенко В.И. Потенциальная способность микрофлоры иловых отложений к гетеротрофной ассимиляции углекислоты и к хемосинтезу// Микробиология. - 1964.б- Т.33. - Вып. 1. - С.134-139.
103. Романенко В.И. Гетеротрофная ассимиляция  $CO_2$  бактериальной флорой воды// Микробиология. - 1964.в- Т.33. - Вып. 4. - С.679-683.
104. Романенко В.И. Общая численность бактерий в Рыбинском водохранилище// Микробиология. - 1971 а. - Т.40. - Вып. 4. - С.707-713. *ссылка сеп к.к.*
105. Романенко В.И. Микрофлора Волги и некоторых водоемов ее бассейна// Материалы Первой конф. по изуч. водоемов бассейна Волги. - Куйбышев, 1971 б. - С.89-94.
106. Романенко В.И. Микробиологические процессы продукции и деструкции органического вещества во внутренних водоемах. Л.: Наука, 1985. - 195 с.
107. Романенко В.И., Кузнецов С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Лабораторное руководство. - Л.: Наука, Ленингр. отд., 1974. - 194 с.

108. Романенко В.И., Распопов И.М., Гак Д.З. Микроорганизмы и процессы продукции и деструкции органического вещества в озерах и водохранилищах// Гидробиол. журнал. - 1982. - Т.18. - № 4. - С.3-12.
109. Романенко В.И., Романенко В.А. Деструкция органического вещества в иловых отложениях Рыбинского водохранилища// Тр. Ин-та биол. внутр. вод АН СССР. - 1969. - Вып. 19 (22). - С.24-31.
110. Сорокин В.И. Микрофлора и химический состав грунтов Рыбинского водохранилища// Тр. биол.станции "Борок". - 1968. - Т.3. - С.89-111.
111. Сперанская Т.А. Данные по изучению органического вещества озерных иловых отложений// Тр. Лимнол.станции в Косине. - 1936. - Вып. 20. - С.67-78.
112. Сприньге Г.Х. Исследования структуры сообществ бактериобентоса малых рек Салацкого бассейна// Биологические ресурсы водоемов бассейна Балтийского моря. Материалы 22 науч.конф. по изуч. водоемов Прибалтики. - Вильнюс, 1987 а. - С.185.
113. Сприньге Г.Х. Бактериобентос притоков реки Салаца// Изучение, рациональное использование и охрана природных ресурсов. Тез. докл. 7-ой конф. молодых уч.-биол. - Рига, 1987 б. - С.41.
114. Сприньге Г.Х. Структура сообществ бактериобентоса - показатель состояния загрязнения малых рек Латвии// Изв. АН Латв. ССР. - 1988. - № 6. - С.113-115.
115. Сприньге Г.Х., Мелберга А.Г. Микробиологическая характеристика притоков р.Салаца// Биоценотическая структура малых рек. Бассейн реки Салаца. -Рига: Зинатне, 1989. - С.39-58.
116. Стравинская Е.А. Особенности гидрохимического режима озера в условиях слабого антропогенного воздействия// Методические

- аспекты лимнологического мониторинга. Л.: Наука, 1988. - С.25-52.
117. Тифенбах О.И. Бактериальная флора и продукция ее биомассы в условиях современного гидробиологического режима озера Севан: Автореф. дис. ... канд.биол. наук: 03.00.18. - Минск, 1983. - 21 с.
118. Тополов А.А. Микрофлора грунтов Ивано-Арахлейских озер и ее роль в донном газообразовании: Автореф. дис. ... канд.биол. наук: 03.00.18. - М., 1982. - 19 с.
119. Фурсенко М.В. Применение некоторых микробиологических показателей для оценки качества вод// Методы биологического анализа пресных вод. - Л.: ЗИН АН СССР, 1976. - С.21-33.
120. Хороших Л.А. Бактериопланктон мелководий Днепровских водохранилищ: Автореф. дис. ... канд.биол.наук: 03.00.18. - Киев, 1985. - 22 с.
121. Цимдинь П.А. Типологический подход к изучению малых рек// Биологические ресурсы водоемов бассейна Балтийского моря. - Вильнюс, Ин-т зоол. и паразитол. АН Лит.ССР, 1987. - С.210-211.
122. Цимдинь П.А. Биоценотический анализ экологического состояния малых рек: Автореф. дис. ... докт. биол.наук: 03.00.16. - М., 1989. - 44 с.
123. Цимдинь П.А., Лица Р.А., Мелберга А.Г., Пареле Э.А., Уртанс А.В. Принципы и методы биотипологических исследований малых рек// Биологические и рыбохозяйственные исследования водоемов Прибалтики. Тезисы докладов XXI науч.конф. по изуч. водоемов Прибалтики и Белоруссии. - Псков, 1983. - Т.1. - С.22-24.
124. Цимдинь П.А., Лица Р.А., Уртанс А.В. Типологическая классификация рек// Изв. АН ЛатвССР. - 1985. - № 3. - С.104-112.

125. Чеботарев Е.Н. Активность гетеротрофной микрофлоры в озерах Карельского перешейка// Экологические аспекты водной микробиологии. - Новосибирск: Наука, 1984. - С.65-73.
126. Чеботарев Е.Н. Изменение численности, биомассы и продукции бактерий// Методологические аспекты лимнологического мониторинга. - Л.: Наука, 1988. - С.76-84.
127. Чурбанова И.Н. Микробиология: Москва: Высшая школа, 1987. - 239 с.
128. Эберхард Г.Я. Строение и развитие долин бассейнов реки Даугава. - Рига: Зинатне, 1972. - 129 с.
129. Юрковска В.А. Типы донных осадков Балтийского моря и их микробиологическая характеристика// Биоценозы различных трофических уровней. - Рига: Зинатне, 1983. - С.100-118.
130. Ярошанко П.Д. Геоботаника. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1961. - 474 с.
131. Ярулек Н.Е. Численность бактерий и деструкция органического вещества в донных отложениях Саратовского водохранилища// Гидробиол. журн. - 1973. - Т.9. - № 1. - С.83-85.
132. Ярулек Н.Е. Микрофлора и интенсивность деструкционных процессов в донных отложениях Саратовского и Волгоградского водохранилищ: Автореф. дис. ... канд. биол.наук: 03.00.18 - Л., 1978. - 27 с.
133. Abdelmoneim M.A., Olah G., Szabo P. Denitrification in water bodies and sediments of hungarian shallow waters// Aquacult. hung. - 1986. - Vol. 5. - p.133-146.
134. Ambühl H. Die Besonderheiten der Wasserströmung in physikalischer, chemischer und biologischer Hinsicht// Schweiz. L. Hydrol. - 1962. - Bd. 24. - H. 2. - S. 367-381.
135. Armitage P.D., Moss D., Wright J.F., Purse M.T. The perfor-



- mance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running water sites// *Water Research*. - 1983. - Vol. 17. - N 3. - P. 333-347.
- I36. Aizaki M. Total number bacteria as a trophic state index// *Verh. Int. Verein Limnol. (Stuttgart)*. - 1985. - Vol. 22. - Pt. 4. - P. 2732-2738.
- I37. Avnimelech Y., Yamamoto M., Menzel K.G. Evaluating the release of soluble components from sediment// *J. Environ. Qual.* - 1983. - Vol. 12. - N 1. - P. 86-91.
- I38. Bell J.B., Dutka E.G. Microbiological examination of Lake Ontario sediments I Distribution of aerobic and anaerobic heterotrophs in several Lake Ontario sediments// *Proc. 15 th Conf. Gr. Lakes Res., Madison, Wisc., 1972 Int. Assoc. Gr. Lakes Res.* - Mich. Ann. Arbor. - 1972. - P. 1-3.
- I39. Bensoussan M., Bianchi A. Distribution et activite catabolique potentielle des communautes bacteriennes des laux et sediments profonds preleves sur diverses marge continentales // *Geochim. org. sediments mar. Orgon a misedor.* - Paris, 1983. - P. 39-72.
- I40. Bilgrami K.S., Bhowmick B.N., Singh A.K. Impact of abiotic factors on bacterial population of river Ganga // *Proc. Indian Nat. Sci. Acad.* - 1986. - B.52. - N 4. - P. 509-514.
- I41. Bott T.L., Kaplan L.A. Bacterial biomass, metabolic state, and activity in stream sediments: relation to environmental variables and multiple assay comparisons// *Appl. Environ. Microbiol.* - 1985. - Vol. 50. - N 2. - P. 508-522.
- I42. Burt T.P., Arkell B.P., Trudgil S.T., Walling D.E. Stream nitrate levels in a small catchment in south West England.

- over a period of 15 years (1970-1985)// *Hydrol. Process.* - 1988. - Vol. 2. - N 3. P.267-284.
- I43. Burton G.A., Gunnison D., Lanza G.R. Survival of pathogenic bacteria in various freshwater sediments// *Appl. Environ. Microbiol.* - 1987. - Vol. 53. - N 4. - P.633-638.
- I44. Cammen L.M. Effect of particle size on organic content and microbial abundance within four marine sediments// *Mar. Ecol. Progr. Ser.* - 1982. - Vol. 9. - N 3. - P.273-280.
- I45. Cummins K.W., Lauff G.H. The influence of substrate particle size on the microdistribution of stream macrobenthos// *Hydrobiologia.* - 1969. - Vol. 34. - N 3. - P.145-181.
- I46. Dale N.G. Bacteria in intertidal sediments: factors related to their distribution// *Limnol. and Oceanogr.* - 1974. - Vol. 19. - N 3. - P.509-518.
- I47. De Flaun M.F., Mayer L.M. Relationships between bacteria and grain surfaces in intertidal sediments// *Limnol. Oceanogr.* - 1983. - Vol. 28. - N 5. - P.873-881.
- I48. Downing J.A., Kath L.C. Spatial patchiness in the lacustrine sedimentary environment// *Limnol. Oceanogr.* - 1988. - Vol. 33. - N 3. - P.447-458.
- I49. Drabkova V.G. Bacterial decomposition of organic matter in lacustrine sediments// *Hydrobiologia.* - 1983. - Vol. 103. - P.99-102.
- I50. Fenchel T. The ecology of marine microbenthos. IV. Structure and function of the benthic ecosystem, its chemical and physical factors and the microfauna communities with special reference to the ciliated Protozoa; 1969. - Vol. 6. - P.1-182.
- I51. Friberg F., Nilsson L.M., Otto C., Sjöström P. et al. Diversity and environments of benthic invertebrate communities

- in South Swedish streams// Arch. Hydrobiol. - 1977. - Vol. 81. - P.129-154.
- I52. Gary H.L., Adams G.O. Indicator bacteria in water and stream sediments near the snowy range in Southern Wyoming// Water, Air, Soil Pollut. - 1985. - Vol 25. - P.133-151.
- I53. Goulder R. Epilithic bacteria in an acid and a calcareous headstream// Freshwater Biol. - 1988. - Vol. 19. - N 3. - P. 405-416.
- I54. Harvey H.R., Richardson M.D., Patton G.S. Lipid composition and vertical distribution of bacteria in aerobic sediments of the Venezuela Basin// Deep-Sea Res. - 1984. - A, 31. - N 4. - P. 403-413.
- I55. Hashimoto H. Dynamics of bacterial flora in the Seto Inland Sea Res. Relat. UNESCO Man and Biosphere Program. Jap., 1981-1982. - 1982. - S. I. - P. 48-50.
- I56. Hawkes H.A. Determinants in freshwater ecosystems and man-modifiable factors inducing change in hydrobiocenoses// Principles and methods for determining ecological criteria on hydrobiocenoses. Proc. of the European Scientific Colloquium Luxembourg, November 1975: Ed. by R. Amavis and G. Smets. - P.45-73.
- I57. Hawkes H.A. River zonation and classification// River Ecology. - Oxford, 1978. - Vol. 2. - P.313-374.
- I58. Hawkins C.P., Murphy M.L., Andersson N.H. Effects of canopy, substrate composition and gradient on the range streams of Oregon// Ecology. - 1982. - Vol. 63. - N 6. - P.1840-1856.
- I59. Hobbie G.E., Daley R.G., Jasper S. Use of nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy// Appl. Environ. Microbiol. - 1977. - Vol. 33. - N 5. - P.1225-1228.

160. Hollerbach A. Organic matter in surface sediments of Lake Constance// *Natur. Wissenschaften.* - 1984. - Bd. 71. - H. 1. - P. 42-43.
161. Huet M. Aperçu des relations entre la pente des populations des eaux courantes// *Hydrobiol.* - 1949. - Vol. II. - P. 333-351.
162. Hynes H.B.N. The ecology of running waters.- Liverpool: Liverpool Univ. Press, 1970. - 555 p.
163. Hynes H.B.N. Groundwater and stream ecology// *Hydrobiologia.* - 1983. - Vol. 100. P. 93-99.
164. Illies G. Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer// *Int. Rev. ges Hydrobiol.* - 1961. - Bd. 46. H. 2. - S. 205-213.
165. Inman D.L. Sorting sediments in the light of fluid mechanics // *G.Sediments. Petrol.* - 1949. - Vol. 19. - P. 51-70.
166. Irriberry G., Rodriguez M.T., Egga L., Barcina I. Spatial and seasonal distribution of bacterial physiological groups in two reservoirs with different trophic levels// *Acta hydrochim. hydrobiol.* - 1988. - Vol. 16. - N 2. - P. 145-155.
167. Iversen T.M., Madsen B.L. Allochthonous organic matter in streams.// *Danish Limnology Reviews and Perspectives: Ed. by C.Hunding.* - *Folia limnol. Scand.* - 1977. - Vol. 17. - P. 17-20.
168. Jackson K.E., Patterson R.J. Interpretation of pH and Eh trends in a fluvial-sand aquifer system// *Water Resources Research.* - 1982. - Vol. 18. - N 4. - P. 1255-1268.
169. Jørgensen B.B., Fenchel T.M. The sulfur cycle of a marine model system// *Mar. Biol.* - 1974. - Vol. 24. - N 3. P. 189-201.

170. Jones J.G. Microbial activity in lake sediments with particular reference to electrode potential gradients// J.Gen Microbiol. - 1979. - Vol. 115. - Pt. 1. - P.19-26.
171. Jones J.G. Microbial nitrate reduction in freshwater sediments// J.Gen. Micr. - 1979. - Vol. 115. - Pt. 1. - P.27-35.
172. Karr J.R., Schlosser J.G. Water resources and the land-water interface// Science, - 1978. - Vol. 201. - P.229-234.
173. Kauffman J.B., Krueger W.C., Vavra M. Impacts of cattle on streambanks in north-western Oregon// G.Range Manag. - 1983. - Vol. 36. - N 6. - P.683,685.
174. Kaushik N.K., Hynes H.B.N. The fate of the dead leaves that fall into streams// Arch. Hydrobiol. - 1971. - Vol. 68. - N 4. - P.465-515.
175. Kobayashi H., Rittmann R.E. Microbial removal of hazardous organic compounds// Environ. Sci. Technol. - 1982. - Vol.16. - N 3. - P.170A-183A.
176. Kohl W., Zibuschka F. Bakteriologische untersuchungen von Sedimenten verschiedener Gewässer// Wasser und Abwasser, Bd. 1974. - 1975. - S.29-47.
177. Kozhova O.M. Hydrobiological monitoring of Beikal// Vern. Internat. Verein. Limnol. (Stuttgart). - 1981. - Bd. 21. - S. 518-522.
178. Krantsberg G. The influence of bioturbation on physical, chemical and biological parameter in aquatic environments: A review// Environ Pollut. (Ser. A). - 1985. - Vol. 39. - P. 99.
179. Kudryarov V.N., Bashkin Y.N. Nitrogen balance in small river basins under agricultural and forestry use// Water, Air and Soil Pollut. - 1980. - Vol. 14. - P.23-27.

180. Kudeyarov V.N., Bashkin Y.N., Kudeyarova A.Y.U. Losses of nitrogen, phosphorus and potassium from agricultural watersheds of minor rivers in the Oka valley// *Water, Air and Soil Pollut.* - 1981. - Vol. 16, - N 3. - P.267-276.
181. Latvijas padomju enciklopēdija. 5. sējuma 2. grāmata. - Rīga: Galvenā enciklopēdiju redakcija, 1984, - 800 lpp.
182. Le Guyader F., Cormier M. Suivi des échanges eau/sédiment en modèle expérimental// *Oceanis.* - 1988. - Vol. 14. - N 1.- P.97-107.
183. Leichtfried M. Organic matter in gravel streams (Project RITRODAT-LUNZ)// *Verh. Internat Verein Limnol.* (Stuttgart). - 1985. - Bd. 22. - H.4. - S. 2058-2062.
184. Li W.K.W., Dickie P.M. Temperature characteristics of photosynthetic and heterotrophic activities: Seasonal variations in temperate microbial plankton// *Appl. Environ. Microbiol.* - 1987. - Vol. 53. - N 10. - P.2282-2295.
185. Liepa J. Biometrija. - Rīga: Zvaigzne, 1974. - 336 lpp.
186. Likens G.E. Beyond the shoreline: A watershed - ecosystem approach// *Verh. Internat Verein Limnol.* (Stuttgart). - 1984. - Bd. 22. - H. 1. - S. 1-22.
187. Mallory L.M., Austin B., Colwell R.B. Numerical taxonomy and ecology of oligotrophic bacteria isolated from the estuarine environment// *Can. J. Microbiol.* - 1977. - Vol. 26. - N 6. - P.733-750.
188. Matondkar S.G.P. Microbiological studies on the sediments of Andaman Sea// *Indian J. Mar. Sci.* - 1981. - V. 10. - N 3. - P.289-292.
189. Matsumoto J., Hanaki K. Effect of organic loading on nitrification by attached biofilm in river// *Res. Relat. UNESCO*

- Man and Biosphere Program., Jap., 1982-1983. - 1983. -  
V. I. - P. II5-II7.
- I90. Mc Dowell W.H. Temporal changes in number of suspended  
bacteria in a small woodland stream// Verh. Internat Verein.  
Limnol. (Stuttgart). - 1984. - Bd. 22. - S.1920-1925.
- I91. Methods of Soil analysis. Pt. 2. Chemical and microbiolo-  
gical properties/ Ed. A.L. Page, R.W.Miller, D.R.Keeney. -  
ASA, Madison, 1982. - II59 p.
- I92. Meyer-Reil L.A. Benthic response to sedimentation events  
during autumn to spring at a shallow water station in the  
Western Kiel Bight. II Analysis of benthic bacterial popu-  
lations// Mar. Biol. - 1983. - Vol. 77. - N 3. - P.247-256.
- I93. Meyer-Reil L.A. Seasonal and spatial chistribution of ex-  
tracellular enzymatic activities and microbial incorpora-  
tion of dissolved organic substrates in marine sediments//  
Appl. Environ. Microbiol. - 1987. - Vol. 53. N 8. - P.1748-  
1755.
- I94. Meyer-Reil L.A., Bölter M., Dawson R. et al. Interrelation-  
ships between microbiological and chemical parameters of  
sandy beach sediments, a summer aspect// Appl. Environ.  
Microbiol. - 1980. - Vol. 39. - N 4. - P.797-802.
- I95. Montagna P.H., Coull B.C., Herring T.L., Dudley B.W. The  
relationship between abundances of meiofauna and their  
suspected microbial food (diatoms and bacteria)// Estuari-  
ne, Coast. and Shelf Sci. - 1983. Vol. 17. - N 4. - P.381-  
394.
- I96. Novell S.Y., Fallon R.D. Bacterial Productivity in the  
Water column and sediments of the Georgia (USA) coastal zo-  
ne: estimates via direct counting and parallel meascere-

- ment of thymidine incorporation// *Microb. Ecol.* - 1982. - Vol. 8. - N 1. - P.33,46.
197. Nickeas J.S et al. Effect of silicate grain shape, structure and location on the biomass and community structure of colonizing marine microbiota// *Appl. Environ. Microbiol.* - 1981. - Vol. 41. - P.1262-1268.
198. Novitsky J.A. Microbial growth rates and biomass production in a marine sediment: evidence for a very active but mostly nongrowing community// *Appl. Environ. Microbiol.* - 1987. - P.2368-2372.
199. Nutall D. The effect of environmental factors on the suspended bacteria in the Welsh River Dee// *J.Appl. Bacteriol.* - 1982. - Vol. 53. - P.61-71.
200. Olan T. Bacterial gradient at sediment-water interface of shallow lakes// *Annal Biol. Tiheny.* - 1973. - Vol. 40. - P.219-225.
201. Parker J.G. Structure and chemistry of sediments in Belfast Lough, a semi-enclosed marine bay// *Estuarine, Coast. and Shelf Sci.* - 1982. - Vol. 15. - N 4. - P.373-384.
202. Pennak R.W. Toward a classification of lotic habitats// *Hydrobiologia* - 1971. - Vol. 38. - N 2. - P.321-334.
203. Persoone G. Proposal for a biotypological classification of watercourses in the European communities// *Biological indicators of water quality: Ed. by James A., Evison L. et al. N.Y., 1979. - Ch. 7. - P.1-32.*
204. Pitwell L.R. Biological monitoring of rivers in the Community// *Principles and methods for determining ecological criteria on hydrobiocenoses. Proc. of the European Scientific Colloquium. - Luxembourg, 1975. - P.225-261.*



205. Ponyi G., Olah G., Franko A. Distribution of organic matter and bacteria in the upper layer of bottom deposit in the open water of Lake Balaton// *Magy. Fud. akad. Tihanyi biol. kut. inter.* 1972. - Vol. 39. - P.141-148-
206. Quinn J.P., Gillon M.E., Mc Grogan H. The planktonic and benthic bacterial populations of Lough Neagh// *J. Appl. Bacteriol.* - 1985. - Vol. 58. - N I. - P.87-93.
207. Rimes C.A., Goulder R. Suspended bacteria in calcareous and acid headstreams: abundance, heterotrophic activity and downstream change// *Freshwater Biology.* - 1986. - Vol. 16.- P.633-651.
208. Rippey B., Jewson D.H. The rates of sediment-water exchange of oxygen and sediment bioturbation in Lough Neagh, Northern Ireland// *Hydrobiologia.* - 1982. - Vol. 91-92. - P.377-382.
209. Rublee P.A., Doranoff B.E. Direct counts bacteria on the sediments of a North Carolina salt marsh// *Estuaries.* - 1978. - Vol. I. - P.188-191.
210. Ryding S.O. Chemical and microbiological processes as regulators of the exchange of substances between sediments and water in shallow eutrophic lakes// *Int.Revue geo. Hydrobiol.* - 1985. - Vol. 70. - P.697-702.
211. Sedell G.R., Frogatt L. Importance of streamside forests to large rivers: The isolation of the Willamete River, Oregon, U.S.A., from its floodplain by snagging streamside forest removal// *Verh. Internat. Verein. Limnol.* - 1984. - Vol. 22. - P.1828. -1834.
212. Shaffer G.P., Onuf G.P. An analysis of factors influencing the primary production of the benthic microflora in a Southern California lagoon// *Netherlands Journal of Sea Research.* - 1983. - Vol. 17. - N I. - P.126-144.

213. Shiaris M.P., Rex A.C., Pettibone G.W. et al. Distribution of indicator bacteria and *Vibrio parahaemolyticus* in sewage - polluted intertidal sediments// *Appl. Environ. Microbiol.* - 1987. - Vol. 53. - N 8. - P.1756-1761.
214. Starzecka A. Ecology of some waters in the forest - agricultural basin of the river Brynica near the Upper Silesian industrial region. 5. Bacteriological characteristics of the waters// *Acta Hydrobiol.* - 1985. - Vol. 27. - Fasc. 4.- P.477-492.
215. Starzecka A., Bednars M., Bombowna M., Dumnicka E., Grabacka E., Kawrocha B. The development of bacteria on the background of other components of the biocenosis of the River Nida (southern Poland) remaining under the influence of surface run-off from an intensively fertilized meadow// *Arch. Hydrobiol.* - 1988. - Bd. 113. - N 2. - S.251-271.
216. Starzecka A., Treła K. Stream ecosystem in mountain grassland (West Carpathians). 5. Bacteria// *Acta Hydrobiol.* - 1982. - Vol. 24. - N 4. - P.343-355.
217. Statzner B. The relation between "hydraulic stress" and microdistribution in a lowland running water system. The Schierenbubrooks (North Germany)// *Arch. Hydrobiol.* - 1981. - Vol. 91. - N 2. - P.192-218.
218. Statzner B. Characteristics of lotic ecosystem and consequences for future research directions// *Potentials and Limitations of Ecosystem Analyses.* - NY (USA):Springer-Verlag, 1987. - Vol. 61. - P.365-390.
219. Sugita H., Tanaami H., Deguchi Y. Measurement of the bacterial counts in the sediments with Gram staining method// *Bull. Jap. Soc. Scient. Fisch.* - 1982. - Vol. 48. - N 10. - P. 1469-1471.

220. Tanaka T., Furuhashi H. Behavior of nutrients at the sediment - water interface in an eutrophic lake: laboratory and field experiments// *Verh. Int. Verein. theoret. und angew. Limnol. (Stuttgart)*. - 1981. - Vol. 21. - Pt. I. - P.609-610.
221. Thorup J., Lindegaard C. Studies on Danish springs// *Danish Limnology Reviews and Perspectives: Ed. by C.Hunding*. - *Folia limnol. Scand.* - 1977. - Vol. 17. - P.7-15.
222. Tobin R.S., Anthony D.H.J. Tritiated thymidine incorporation as a measure of microbial activity in lake sediments// *Limnol. Oceanogr.* - 1978. - Vol. 23. - P.161-165.
223. Tolkamp H.H. Microdistribution of macroinvertebrate in lowland streams// *Hydrobiological Bulletin*. - 1982. - Vol.16.- N 2-3. - P.133-148.
224. Tolkamp H.H. Using several indices for biological assessment of water quality in running water// *Verh.Internat. Verein. Limnol. (Stuttgart)*. - 1985. - Bd. 22. - H.4. - S.2281-2286.
225. Uhlmann D. *Hydrobiologie Ein Grundriss für Ingenieure und Naturwissenschaften: Jena: Gustav Fischer Verlag, 1982. - 315 s.*
226. Vanderpost J.M. Bacterial and physical characteristics of Lake Ontario sediment during several months// *Proc. 15 th Conf. Gr. Lakes Res., Madison, Wisconsin, 1972, Int. Assoc. Gr.Lakes Res. - Ann Arbor, Michigan, 1972. - P.198-213*
227. Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Cushing C.B. The river continuum concept// *Canad. Journ. Fish. Ac. Sci.* - 1980. - Vol. 37. - P.130-137.
228. Volterra L. et al. Microbiological pollution of marine

- sediments in the Southern stretch of the Gulf of Naples//  
Water, Air, Soil, Pollut. - 1985. - Vol. 26. - P.175-183.
239. Walker J.R.L., McCallion R.P. A study of respiration and  
microflora of the mud of the Heathcote River, Christchurch//  
N.Z.J. Ecol. - 1978. - August. - P.62-65.
250. Weber-Oldecop D.W. Eine Fließgewässer-Typologie// Limnolo-  
gica. - 1987. - Bd. 13. - N 2. - S. 419-426.
251. Wiegand G. A study of habitat conditions of the macrophytic  
vegetation in selected river systems in Western Lower Sa-  
xony (Federal Republic of Germany)// Aquatic Botany. -  
1984. - Vol. 18. - P.313-352.
252. Wilkin D.C., Hebel S.G. Erosion, redeposition and delivery  
of sediment to midwestern streams// Water Resources Rese-  
arch. - 1982. - Vol. 12. - N 4. - P.1278-1282.
253. Yamamoto N., Lopez G. Bacterial abundance in relation to  
surface area and organic content in marine sediments//  
J. Exp. Mar. Biol. Ecol. - 1985. - Vol. 90. - P.209-221.
254. Lo Bell. Marine Microbiology; Weltham. Mass U.S.A.; Am.Bot.  
Comp., 1946. - 240 p.

## Географическая характеристика исследованных малых рек Латвии

Название реки	Бассейн	Река вытекает из	Река впадает в	Длина, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Падение, м	Замечания по водосборной площади
I	2	3	4	5	6	7	8
<u>Латгальская возвышенность</u>							
Асуница	р. Даугава	оз. Асунас	р. Сарянка (ВССР)	47	451	19,3	В бассейне 41 озеро
Индра (до оз. Индрас-Дзегузе)	"	оз. Астасовас	р. Даугава	60	258	92	В бассейне 14 озер
Яла	"	оз. Яла	р. Дубна	29	133	50	В бассейне 2 озера
Тартакс	"	оз. Гулону	р. Дубна	24	555	42	В бассейне 16 озер (11,5% водосбора); 1 приток
Ликсна	"	-	р. Даугава	44	264	79	В бассейне 1 озеро, небольшие притоки
Гулоница	"	оз. Залву	оз. Гулону	4	-	-	-
Истра	р. Великая	оз. Дзильзерс	р. Зилупе	41	263	32	-
Исталсна	"	-	оз. Л. Лудзас	22	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8
<u>Земгальская равнина</u>							
Видце	р. Лиелупе	-	р. Свете	36	313	60	3 притока
Миса	"	-	р. Вецмецава	108	974	42	6 притоков; мелиоративные каналы; река выпрямлена
Тервете	"	-	р. Свете	69	440	73	4 притока; река мелиорирована
Берзе	"	-	р. Свете	109	1180	108	В бассейне I озеро; 6 притоков; на реке дамба (ГЭС)
Ауце	"	оз. Лиелкауцес	р. Свете	86	309	92	50 ручьев-притоков
Мецава	"	-	р. Гароца- р. Лиелупе	136	1166	66	3 притоков, много стариц
Свете	"	-	р. Лиелупе	116	2320	97	Река мелиорирована, местами выпрямлена; 3 притока
<u>Видземское побережье</u>							
Светупе		оз. Дуньезерс	Рижский залив	47	459	45	4 притока; река местами мелиорирована
Перльупе	р. Светупе	-	р. Светупе	19	-	-	-
Витрупе		оз. Риебззерс	Рижский залив	33	211	38	Местами выпрямлена
Инчупе		-	"	12	-	-	-

продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Петерупе	-	-	Рижский залив	42	158	54	Верхнее течение выпрямлено; I приток
Килупе	-	Болото Лангас	"	31	112	47	I приток, на реке дамба
Аге	-	оз. Агес	"	39	212	514	Несколько ручьев-притоков; I приток-из озера
<u>Северо-Западное Видземское поднятие</u>							
Седа	р. Салаца	-	оз. Буртниеку	58	575	17	4 притока, много ручьев из небольших озер, мелиоративные каналы
Ружа	"	оз. Ружа	"	35	992	38	3 притоков, в нижнем течении - широкая мелиоративная сеть
Бриде	"	-	"	42	449	20	4 притока, мелиоративная сеть
Корге	"	оз. Клико	р. Салаца	33	-	-	-
Нунупе	"	р. Светупе	"	5	-	-	-
Натрене	"	-	"	13	-	-	-
Рамата	"	-	"	30	180	27	2 притока
Киреле	"	оз. Кирумс	"	16	-	-	-
Лиеупе	"	-	"	17,5	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8
Глазуне	р. Салаца	-	р. Салаца	10	-	-	-
Малуне	"	-	"	14	-	-	-
Нориня	"	-	"	11	-	-	-
Йогла	"	оз. Унгурпилс	"	22	77	44	Местами выпрямлена, в верхнем течении - дамба
Иге	"	-	"	49	233	47	Притоки из 2 озер
<u>Средне-Латвийская покатость</u>							
Абза	р. Даугава	-	р. М. Югла	26	118	27	Река выпрямлена; 4 притока
Ранга	"	-	р. Огре	21	-	-	-
Майзите	"	-	р. Дивая	14	-	-	-
Брасла	"	-	"	26	90	-	-
Лобе	"	оз. Лобес	р. Огре	19	269	24	-
Тумлуце	"	-	р. Л. Югла	49	-	-	-
Кайбала	"	-	р. Даугава	16	33	51,1	1 приток
Докмене	"	-	р. Огре	21	-	-	Течет через оз. Лобес
Бебрупе	"	-	оз. Лобес	26	126	23	Бассейн мелиорирован, в нижнем течении река выпрямлена
Дауце	"	-	р. Даугава	33	172	58	1 приток



1	2	3	4	5	6	7	8
			<u>Гауява</u>				
Перльупе	р. Гауя	-	р. Амата	12	-	-	-
Лигатне	"-	-	р. Гауя	42	110	177	-

Характеристика исследованных биотопов малых рек Латвии (1981-1984) гг.)

Летняя межень (июнь-август)

Название реки Биотоп	Рас- стоя- ние от устья, км	Шири- на, м	Глу- бина, м	Скорость течения, м/с	Расход воды, м <sup>2</sup> /с	Темпера- тура, °С	БПК, мг л	θ <sub>2</sub> /	Степень зараста- ния ло- жа, %	Тип донных отложе- ний *	Степень антро- погенного воз- действия * *
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	
Индра I	55	8	0,6	0,20	0,15	20,2	4,23	50-60	И.	У. (лес, пойменные луга, пахотные земли)	
II	5	10	0,4	0,20	0,32	17,3	2,82	10	Гр.	Ф. (лес, естеств. лу- га, бобровые дамбы)	
Яша I-I	28,0	10-12	1,5	0,12	0,50	17,2	0,70	70	Т.	Ф. (заболоченные ес- теств. луга)	
I-2	28,1	10	1,0	0,12	0,50	17,3	0,99	50-60	Т.	Ф. ( -- )	
II	25	6	0,6	0,15	0,50	17,8	4,08	20	И.п.	У. (кустарники, зла- ковые поля)	
III-I	21	6-8	1,0	0,20	0,54	17,6	1,34	30	И.п.	Ф. (кустарники, ес- теств. луга)	
III-2	21,1	6-8	1,0	0,20	0,54	18,0	0,90	70	И.п.	Ф. ( -- )	
III-3	21,2	6-8	0,7	0,20	0,50	17,2	0,68	30	Гр.	Ф. ( -- )	
III-4	21,3	6-8	0,5	0,20	0,54	17,7	0,69	70	И.п.	Ф. ( -- )	
Асуница	10	10-12	1,2	0,30	0,80	17,7	4,74	20	Гр.	У. (окультуренные лу- га)	
Истра	12	6-8	1,0	0,55	0,52	20,2	4,72	60	М.п.	У. (луга, проводилась мелиорация)	
Ликсна	4	3	0,3	-	-	18,1	7,71	90	Кр.п.	С. (злаковые поля)	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Истасна	10	8	1,0	0,10	-	20,6	4,35	20	Т.	У. (лес, проводились дноуглубление русла)
Рущоница I	4	5	0,7-1,0	-	-	17,8	1,49	70-80	П.и.	Ф. (заболоченные естеств. дуга)
	II	2	10	1,2	-	-	18,6	1,65	Т.	Ф. (---)
Мадупе I	2	1,5	0,4	0,22	0,10	17,1	4,07	80	П.и.	У. (естеств. дуга, картофельное поле)
	II	1	4	0,1-0,2	0,10	0,10	19,0	2,31	Гр.	Ф. (естеств. дуга, кустарники)
Яунупе I	2	7,0-10	1,0	0,10-0,20	0,86	17,6	1,19	70	И.	Ф. (естеств. дуга, кустарники)
	II	1,5	10	0,5	0,40	0,86	19,0	4,18	Гр.	У. (кустарники, окульт. дуга, мелиорация водосбора)
Корге I	30	0,5-1,0	0,15	0,10	0,01	15,3	5,26	80-90	И.п.	У. (злаковые поля, лес)
	II	10	6	0,5	0,23	0,15	13,4	4,75	Кр.п.	У. (кустарники, свиноферма)
	III	0,1	7	0,5	0,1-0,5	0,15	13,6	1,86	Гр.	Ф. (кустарники, естеств. дуга)
Нориня I	7	2	0,4	0,07	0,07	17,7	4,04	60	И.п., Д.	У. (заболоченные дуга, коровник)
	II	5	2	0,2-0,3	0,01	0,07	17,4	2,06	Д.	Ф. (заболоченные дуга, кустарники)
	III	2	8	0,2	0,20	0,07	17,1	6,43	Гр.	С. (злаковые поля)
	IV	0,5	3,5	0,1-0,2	0,17	0,07	15,6	6,85	И.п.	С. (мельничный пруд, поля)
Логла I	10	4,5	1,0-1,5	0,23	0,35	17,1	4,46	30	М.п.	Ф. (кустарники, естеств. дуга)

Югла II	I	4,0-5,0	0,5	0,55	0,35	15,5	4,92	30	И.п.	У. (коровник, лес)	
Иге	25	13	0,6	0,18	0,51	16,0	0,87	30	М.п.	У. (коровник, естеств. луга, кустарники)	
Глажуле	I	5	1,5-2,0	0,3	0,10	-	17,0	4,74	30	Кр.п.	С. (злаковые поля)
	II	0,5	2,5	0,2	0,15	0,002	17,1	3,42	10	Кр.п.	У. (поля, кустарники)
Натрене	I	7,5	1	0,3	0,15	0,02	14,6	0,90	80	М.п.	Ф. (лес, лабазниковые луга, сфагновое болото)
	II	7	1,0-1,5	0,3	0,15	0,02	14,6	1,18	80	П.и.	Ф. ( - - )
Рамата	4	9	0,3	0,25	0,35	20,8	1,91	90	Гр.	Ф. (естеств. луга)	
Киреле	I	15	3	1,5	0,1	-	20,2	5,06	30	Т7	С. (высохшее озеро, мелиорированные луга)
	II	0,5	6	0,2	-	-	18,1	4,78	30	М.п.	С. (населенный пункт)
Ливуле	I	15	4,5	0,2	0,03	0,03	15,5	4,23	70	И.п.	У. (коровник, естеств. луга)
	II	0,5	6	0,4	0,03	0,03	17,2	1,67	40	Гл.	Ф. (кустарники, лабазниковые луга)
Светуле	I	32	15	0,3	0,80	0,80	18,6	1,37	80	Кр.п.	Ф. (кустарники, заболоченные луга)
	II	26	10	0,8	0,50	1,20	18,2	4,25	50	П.и.	У. (хутор, культивированные луга, лес)
	III	19	11	5,0	0,30	-	16,7	2,42	40	И.	С. (свинарник, культивированные луга)
	IV	10	6	1,2	0,19	0,65	17,1	7,22	50	И.п.	С. (луга, приток полисапр. реки)
У	5	12	1,1	0,28	1,61	15,8	0,90	30	И.п.	Ф. (лес, естеств. луга)	
УI	0,7	3,5	0,5	0,31	0,60	16,0	4,95	40	П.и.	У. (свинарник, естеств. луга, кустарники)	

	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перльупе	I	13	2	0,5	-	-	17,0	14,10	50	П.и.	С.(населенный пункт, пивзавод)
	II	9	3	7	0,10	0,10	16,1	7,96	50	И.п.	С.( -- )
	III	0,5	2,5	1	0,05	0,10	17,0	7,36	50	И.п.	С.(поля)
Витрупе	I	28	5	0,6	-	-	18,1	2,43	50	Гр.	Ф.(естествен.луга, кустарники)
	II	7	6,5	1,5	0,15	0,45	15,6	2,41	50	П.и.	Ф.( -- )
Инчупе		1	2,5	0,5	-	-	12,8	1,17	30	И.	Ф.( -- )
Петерупе		2	10	0,5	0,10	-	13,7	4,19	30	И.	У.(населенный пункт, кустарники, естеств. луга)
Милупе		4	6,5	0,2	0,12	0,16	13,5	0,79	30	Гр.	Ф.(кустарники, естеств. луга)
Аге		2	7,5	0,2	0,40	0,38	13,6	2,10	30	Гр.	Ф.( -- )
Бриедэ		0,1	-	0,8	-	-	15,5	1,69	40	И.п.	Ф.(заболоченные луга)
Руя		2	-	-	-	-	18,2	1,38	30	М.п.	Ф.( -- )
Седа		2	-	-	-	-	15,7	2,06	40	М.п.	Ф.( -- )
Вилца		0,1	-	-	-	-	13,5	5,62	-	И.п.	У.(кустарники, пахотные земли)
Тервете		0,1	-	-	-	-	16,3	4,31	-	Гл.	У.(пахотные земли, кустарники)
Ауце		0,1	-	-	-	-	20,0	4,47	-	П.и.	У.( -- )
Берзе I		15	-	-	-	-	19,6	4,85	-	М.п.	У.(населенный пункт, кустарники, луга)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Берзе II	0,1	-	-	-	-	-	16,3	0,91	-	Гл.	Ф. (естественные дуга, кустарники)
Свете I	66	-	-	-	-	-	14,0	1,70	-	Гл.	Ф. (естеств. дуга)
II	28	-	-	-	-	-	16,5	1,47	-	Гр.	Ф. (естеств. дуга, кустарники)
III	20	-	-	-	-	-	16,8	1,56	-	Кр.п.	Ф. (пойменные дуга)
IV	0,1	-	-	-	-	-	20,1	5,03	-	Гр.	У. (пойменные дуга, населенный пункт)
Миса I	45	-	-	-	-	-	19,6	8,49	-	И.п.	С. (злаковые поля, мелиорация водосбора)
II	0,1	-	-	-	-	-	20,0	1,69	-	И.	Ф. (естественные дуга, кустарники)
Мецава I	40	-	-	-	-	-	20,6	7,80	-	И.	С. (населенный пункт)
II	10	-	-	-	-	-	20,0	4,28	-	И.п.	У. (естеств. дуга, кустарники, населенный пункт)
III	0,1	-	-	-	-	-	20,7	7,58	-	И.п.	С. (ниже г. Елгава)
Абза I	20	-	I	-	-	-	15,3	-	-	П.и.	У. (пойменные дуга, кустарники, населенный пункт)
II	18	-	0,5	-	-	-	15,3	-	-	Гр.	Ф. (естественные дуга, кустарники)
III	7	-	0,2	-	-	-	15,4	-	-	М.п.	Ф. ( -- )
Ранка I	6	-	0,2	-	-	-	-	-	-	Гр.	Ф. ( -- )
II	4	-	0,15	-	-	-	-	-	-	Сгл.	Ф. ( -- )
III	0,1	-	0,15	-	-	-	-	-	-	Гр.	С. (населенный пункт)
Брасла	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	Гл.	Ф. (заболоченные дуга, кустарники)

Майзите I	5	-	-	-	-	-	-	-	Гр.	У. (поля, естеств. луга)
II	0,1	-	-	-	-	-	-	-	Гр.	У. ( - - )
Лобе I	4	2,5	0,3	-	-	-	-	-	И.п.	Ф. (пойменные луга, кустарники, болото)
II	1	4	0,3	-	-	-	-	-	М.п.	Ф. ( - - )
III	0,1	-	-	-	-	-	-	-	Гр.	Ф. ( - - )
Кайбала I	3	2	0,2	-	-	-	-	-	М.п.	Ф. (кустарники, естеств. луга)
II	0,1	-	-	-	-	-	-	-	Д.	У. (кустарники, естеств. луга, населенный пункт)
Локмене	1	0,6	-	-	-	-	-	-	Кр.п.	У. (кустарники, естеств. луга, пахотные земли)
Бебрупе	0,3	6	0,3	-	-	-	-	-	Кр.п.	Ф. (заболоченные луга, кустарники)
Лауце I	3	4	-	-	-	-	-	-	Д.	У. (лес, пахотные земли)
II	0,1	7,5	0,4	-	-	-	-	-	Кр.п.	Ф. (лес, естеств. луга)
Тумшупе I	3	2	0,3	-	-	-	-	-	М.п.	Ф. (кустарники, естеств. луга)
II	0,1	2	0,4	-	-	-	-	-	И.	Ф. ( - - )
Лигатне I	14	5	0,5	-	-	-	-	-	И.	Ф. (лес)
II	0,1	4	0,3	-	-	-	-	-	Гр.	Ф. (естественные луга, кустарники)
Перльупе	0,5	-	-	-	-	-	-	-	Гр.	Ф. ( - - )
Тартакс I	23	10	1	-	-	14,6	4,97	30	И.и.	У. (естеств. луга, кустарники, населенный пункт)
II	21	10	0,6	-	-	14,6	1,24	30	М.п.	Ф. (лес, естеств. луга)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тартакс III	20	10	0,4	-	-	15,2	5,52	30	И.п.	У. (пахотные земли, кустарники, естеств. дуга)
IV	19	10	0,5	-	-	15,2	2,31	30	Гр.	Ф. (естеств. дуга, кустарники)
У	18	6	1,5	-	-	15,4	2,31	30	Т.	Ф. (заболоченные дуга)

Типы донных отложений: Гр.-гравий, Кр.п.-крупнозернистый песок, М.п.-мелкозернистый песок, И.п.-илстый песок, П.м.-песчаный ил, И.-ил, Д.-детрит, Т.-торф, Гл.-глина, Сгл.-суглинки.

Степень антропогенного воздействия - Ф.-фоновая  
У.-умеренная  
С.-сильная



## Физико-химические показатели донных отложений биотопов малых рек Латвии

Биотопы рек	Дата взятия проб	Тип донных отложений		t° пов. слоя	рН		пов. слой	глуб. слой	пов. слой	глуб. слой	пов. слой	глуб. слой	орг. вещ., %		Р <sub>общ.</sub> %	
		пов. слой	глуб. слой		пов. слой	глуб. слой							пов. слой	глуб. слой	пов. слой	глуб. слой
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Северо-Западное Видземское поднятие. Лето																
Глазупе-I	20.07.82	кр.п.	кр.п.	17,0	7,67	8,00	312,0	247,0	26,0	24,5	4,70	4,70	-	-		
II	20.07.82	кр.п.	кр.п.	17,1	7,40	7,40	238,0	238,0	23,0	23,0	3,40	3,40	-	-		
Иге	22.07.82	м.п.	гл.	16,0	7,52	7,77	291,0	160,0	25,1	21,1	1,83	1,83	-	-		
Йогла	22.07.82	м.п.	кр.п.	17,1	7,32	7,32	200,0	200,0	21,5	21,5	4,87	4,87	-	-		
	22.07.82	ил.п.	кр.п., д.	15,5	7,86	7,52	252,0	249,0	24,4	23,6	2,11	2,11	-	-		
Нориня I	13.07.82	ил.п.	гр.	17,7	6,94	6,78	166,0	79,0	19,6	16,3	-	-	-	-		
II	12.07.82	д.	м.п.	17,4	7,12	6,82	270,0	116,5	23,5	17,7	-	-	-	-		
III	12.07.82	гр.	гр.	17,1	7,12	7,12	328,0	328,0	25,5	25,5	-	-	-	-		
IV	12.07.82	ил.п.	кр.п.	15,6	7,06	7,06	327,0	327,0	25,4	25,4	-	-	-	-		
Корге I	8.07.82	ил.п.	кр.п.	15,3	7,37	7,37	135,0	135,0	19,4	19,4	-	-	-	-		
	14.07.82	ил.п.	ил.п.	-	7,27	7,04	180,0	180,0	20,5	20,5	-	-	-	-		
II	8.07.82	кр.п.	кр.п.	13,4	7,88	7,88	225,0	225,0	23,5	23,5	-	-	-	-		
	14.07.82	кр.п.	кр.п.	-	7,87	7,65	239,0	239,0	23,8	23,8	-	-	-	-		
III	8.07.82	м.п.	м.п.	13,6	7,68	7,68	256,0	256,0	24,2	24,2	-	-	-	-		
	14.07.82	гр.	гр.	-	8,04	7,86	327,0	327,0	27,0	27,2	-	-	-	-		
Лунупе I	7.07.82	гр.	гр.	14,9	7,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	21.07.82	гр.	гр.	18,0	7,66	7,66	285,0	285,0	25,1	25,1	8,61	-	-	-		
II	7.07.82	м.п.	м.п.	14,3	7,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	21.07.82	ил.	м.п.	17,6	-	7,82	-	264,0	-	24,7	2,75	-	-	-		
Малупе	15.07.82	п.ил.	кр.п.	17,1	7,51	8,51	263,0	235,0	24,1	25,1	-	-	-	-		
Глазупе II	15.07.83	кр.п.	кр.п.	14,0	7,05	7,14	412,0	181,0	28,3	20,5	1,18	0,40	-	-		

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ливуле I	15.07.83	ил.п.	кр.п.	15,5	6,80	6,88	329,0	190,0	24,9	20,3	3,25	1,76	-	-
II	15.07.83	гл.	гл.	17,2	8,95	8,88	236,5	246,0	26,0	26,1	1,74	2,40	-	-
Киреле I	26.07.83	ил.п.	п.	20,2	6,60	6,31	98,0	39,0	16,6	14,0	3,48	17,80	-	-
II	26.07.83	м.п.	м.п.	19,1	6,96	6,64	324,0	-	25,1	-	0,51	0,31	-	-
Рамата	13.07.83	гр.	гр.	20,8	7,00	7,77	414,5	-	28,3	-	1,50	1,50	-	-
Натрене I	13.07.83	м.п.	м.п.	14,0	6,35	6,25	279,0	151,0	25,2	17,7	0,97	-	-	-
	27.07.83	м.п.	ил.п.	14,6	6,11	6,25	245,5	190,0	20,7	19,0	0,88	3,48	-	-
Натрене II	13.07.83	п.ил	м.п.	14,0	-	-	-	-	-	-	6,39	1,21	-	-
	27.07.83	п.ил	м.п.	14,6	6,36	6,53	150,0	167,0	17,9	18,8	4,23	3,10	-	-
Яунупе I	25.07.83	ил	гр.	19,0	7,47	7,55	311,5	292,0	25,7	25,2	1,18	1,04	-	-
II	25.07.83	ил	гр.	19,2	7,51	7,46	211,5	209,0	22,3	22,1	1,34	1,00	-	-
Зима														
Корге III	21.03.84	гр.	-	0,1	7,37	-	413,0	-	29,0	-	0,39	-	-	-
Бриезде I	22.03.84	м.п.	-	0,1	-	-	-	-	-	-	1,87	-	-	-
Весна														
Седа	23.05.84	м.п.	д.	15,7	7,65	7,60	192,4	6,0	21,9	17,3	0,18	4,08	-	-
Руя	23.05.84	м.п.	ил.п.	18,2	7,15	6,75	79,0	92,0	11,6	16,7	1,41	2,05	-	-
Бриезде	23.05.84	ил.п.	ил.п.	15,5	7,55	7,25	325,2	145,0	26,3	19,5	1,24	0,93	-	-
Реки Видземского побережья. Лето														
Перльупе I	26.07.82	п.ил	п.ил	17,0	6,89	6,89	165,0	165,0	19,5	-	-	-	-	-
III	26.07.82	ил.п.	ил.п.	17,0	7,02	7,02	220,0	220,0	21,6	21,6	5,07	-	-	-
Светупе II	26.07.82	ил.п.	кр.п.	18,0	7,34	7,34	247,0	247,0	23,2	-	-	-	-	-
III	26.07.82	ил.п.	ил.п.	17,6	6,87	6,87	136,0	136,0	18,4	18,4	4,78	-	-	-
IV	26.07.82	ил.п.	ил.п.	17,1	7,45	7,12	210,0	210,0	14,5	14,5	4,26	-	-	-
У	23.07.82	ил.п.	м.п.	15,8	7,92	7,23	325,0	310,0	27,0	25,1	1,64	-	-	-
У2	23.07.82	п.ил	п.ил	18,0	7,43	6,83	160,0	155,0	20,4	19,0	9,45	-	-	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Витрупе I	23.07.83	гр.	гр.	18,1	-	-	276,0	-	-	-	2,94	2,94	-	-
II	23.07.83	п.ия	м.п.	15,6	-	-	97,0	151,5	-	-	7,83	0,68	-	-
Перльупе II	20.07.83	ил.п.	ил.п.	16,1	-	-	102,0	71,5	-	-	1,67	1,81	-	-
Светупе I	19.07.83	кр.п.	кр.п.	18,6	7,12	7,35	368,5	256,0	26,9	23,5	1,1	1,09	-	-
II	19.07.83	п.ия	м.п.	18,2	7,46	6,75	266,0	-	24,1	-	3,64	0,24	-	-
III	20.07.83	ия	ия	16,7	-	-	-	104,0	-	-	17,20	17,20	-	-
Осень														
Инчупе	13.09.83	ия	м.п.	12,8	7,77	7,15	59,5	107,0	17,5	18,0	4,87	0,30	-	-
Петерупе	13.09.83	ия	ил.п.	13,7	8,07	7,55	65,5	69,0	18,4	17,5	13,07	2,89	-	-
Килупе	13.09.83	гр.	гр.	13,5	8,74	9,03	431,5	387,0	32,3	31,4	0,67	0,67	-	-
Аге	13.09.83	гр.	гр.	13,6	8,88	9,00	341,5	385,5	29,5	31,3	1,01	0,44	-	-
Зима														
Перльупе II	21.03.84	кр.п.	ил.п.	0,1	7,30	7,75	265,5	-93,3	23,7	12,2	0,43	1,90	-	-
III	21.03.84	ил.п.	ия	0,1	7,55	7,27	107,0	-93,5	18,8	11,3	1,69	8,15	-	-
Светупе IV	21.03.84	д.	ил.п.	0,1	7,30	7,12	-81,0	-81,0	11,8	11,4	20,25	5,51	-	-
III	21.03.84	п.ия	-	0,1	7,21	-	-31,0	-	13,3	-	6,22	-	-	-
Земгальская равнина. Лето														
Свете I	13.06.84	гр.	кр.п.	14,0	7,50	7,60	313,7	230,0	25,8	23,1	1,02	1,61	-	0,125
III	11.06.84	гр.	сгя.	16,5	6,25	6,36	153,7	-	17,8	-	0,60	5,35	0,081	0,096
	11.06.84	сгя.	сгя.	16,5	7,99	8,64	203,7	-	23,0	-	2,62	3,78	-	0,088
IV	5.06.84	гр.	сгя.	20,1	-	-	121,6	-	-	-	0,41	5,10	-	0,125
Ауце	5.06.84	п.ия	гр.	20,0	-	-	98,7	-	-	-	-	-	-	-
Берзе II	5.06.84	гл.ия	гл.	20,0	-	-	98,4	-	-	-	2,57	2,24	0,054	0,056
Тервете	11.06.84	гл.	гл.	16,3	6,35	6,47	180,0	-	18,9	-	2,06	3,43	0,028	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Вилце	13.06.84	гр.	гр.	13,5	7,40	7,35	298,7	-	25,1	-	0,82	0,66	0,076	-
Миса II	7.06.84	д.м.п.	м.п.	20,0	-	-	-38,7	-	-	-	2,54	0,56	0,119	-
Мецава III	7.06.84	м.п.	-	20,7	6,75	-	73,7	-	16,0	-	3,03	-	0,050	-
Осень														
Свете I	16.10.84	м.п.	-	7,2	7,55	-	223,0	-	22,8	-	2,06	-	-	-
III	16.10.84	с.г.п.	с.г.п.	7,2	7,60	6,88	93,0	141,0	18,4	18,6	3,91	1,42	0,041	0,031
IУ	17.10.84	м.п.	м.п.	6,2	6,20	5,90	168,6	129,0	18,2	16,2	5,21	2,19	0,049	0,041
Луце	22.10.84	м.п.	м.п.	8,2	7,46	7,56	162,0	127,8	20,5	19,5	4,05	1,39	0,023	-
Берзе I	22.10.84	м.п.	м.п.	8,3	7,47	7,35	352,0	263,7	27,0	23,8	2,63	3,73	0,090	-
II	17.10.84	г.п.	г.п.	6,3	6,77	6,25	313,7	185,0	24,4	18,9	2,34	3,46	0,013	0,006
Тервете	17.10.84	г.п.	г.п.	5,8	6,35	6,76	251,2	179,2	21,4	19,7	3,29	2,12	0,019	0,021
Мецава I	23.10.84	м.п.	п.м.п.	7,7	7,41	7,47	64,2	83,8	17,0	17,8	10,39	2,57	-	0,021
III	18.10.84	п.м.п.	п.м.п.	6,9	7,38	7,35	-59,6	-60,0	12,7	12,6	3,39	2,37	0,047	0,036
Вилце	16.10.84	к.р.п.	к.р.п.	7,6	8,18	7,91	512,2	222,5	34,0	23,5	0,73	3,51	0,032	0,063
Миса I	23.10.84	м.п.	м.п.	7,9	7,51	7,49	159,0	80,0	20,5	17,7	3,81	3,07	0,019	-
II	18.10.84	п.м.п.	г.п.	6,7	7,25	7,30	189,4	107,5	21,0	18,3	5,44	2,32	-	0,013
Зима														
Свете III	12.03.84	к.р.п.	к.р.п.	0,1	8,04	7,65	469,0	117,0	39,2	19,3	4,29	7,07	-	-
IУ	13.03.84	с.г.п.	с.г.п.	0,1	7,45	7,25	139,0	86,0	19,7	17,5	5,08	2,15	-	-
Луце	12.03.84	к.р.п.	к.р.п.	0,1	7,30	7,42	130,6	63,0	19,1	17,0	4,40	4,71	-	-
Берзе I	13.03.84	м.п.	м.п.	0,7	7,45	7,55	129,7	119,0	19,4	19,2	0,36	0,71	-	-
II	13.03.84	с.г.п.	с.г.п.	0,1	8,16	7,90	293,0	90,0	26,4	18,9	3,25	4,53	-	-
Тервете	12.03.84	г.п.	г.п.	0,1	7,80	7,42	226,0	68,0	23,4	17,2	6,43	6,77	-	-
Мецава I	6.03.84	м.п.	п.м.п.	0,1	7,28	7,02	18,0	40,0	15,2	15,4	18,74	6,17	-	-
II	5.03.84	м.п.	п.м.п.	0,1	8,00	7,50	58,5	21,0	18,0	15,7	3,51	3,59	-	-
			п.м.п.	-	-	7,40	-	-61,0	-	12,7	-	2,48	-	-
			п.м.п.	-	-	7,30	-	-70,0	-	12,2	-	1,72	-	-
III	5.03.84	м.п.	м.п.	0,3	7,65	7,65	55,0	45,0	17,2	16,8	1,99	4,34	-	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Миса I	6.03.84	м.п.	м.п.	0,1	0,60	7,18	360,0	80,0	25,6	17,1	1,88	0,96	-	-
Латгальская возвышенность, Осень														
Тартакс I	10.10.84	п.мл	п.мл	10,1	6,90	6,45	102,3	155,7	17,3	18,3	3,16	8,75	-	-
II	10.10.84	п.мл	сгл.	10,1	7,50	8,25	114,0	159,0	18,9	22,0	8,37	0,66	-	0,047
III	10.10.84	м.п.	кр.п.	10,3	7,45	7,25	126,7	130,7	19,2	19,0	0,63	1,04	0,036	0,043
IV	10.10.84	гр.	гр.	11,3	7,05	7,50	-	-	-	-	0,44	-	-	-
У	10.10.84	т.	т.	11,3	6,80	6,51	222,7	175,0	21,3	19,0	77,59	-	-	-
Индра	18.11.81	мл.п.	-	0,3	-	-	-	-	-	-	5,16	-	-	-
Яна Ш-3	17.11.81	кр.п.	-	1,0	-	-	-	-	-	-	5,31	-	-	-
Весна														
Тартакс I	16.05.84	п.мл	п.мл	14,6	6,35	6,36	79,0	76,5	15,4	13,3	-	6,92	-	-
II	16.05.84	м.п.	гл.	14,6	7,23	7,95	134,0	242,2	19,0	24,2	0,68	1,12	-	-
III	16.05.84	мл.п.	м.п.	15,2	6,30	6,15	49,4	61,5	15,5	14,4	0,76	1,12	-	-
IV	16.05.84	гр.	кр.п.	15,2	6,50	6,35	53,2	117,0	14,8	16,7	0,46	0,66	-	-
У	16.05.84	т.	т.	15,4	6,43	5,17	118,0	80,0	16,9	13,1	64,21	81,82	-	-
Средне-Латвийская покатость, Гауля														
Абза I	23.08.84	п.мл	-	15,3	7,59	-	258,5	-	24,1	-	-	-	-	-
II	23.08.84	гр.	-	15,3	7,90	-	363,3	-	28,3	-	-	-	-	-
III	23.08.84	м.п.	-	15,3	-	-	182,5	-	-	-	-	-	-	-
	23.08.84	м.п.	-	15,4	7,83	-	165,3	-	21,4	-	-	-	-	-
Ганка III	25.08.84	гр.	-	-	7,59	-	126,5	-	19,5	-	-	-	-	-
		м.п.	-	-	-	-	272,5	-	-	-	-	-	-	-
II	25.08.84	сгл.	-	-	8,01	-	359,0	-	28,4	-	-	-	-	-
I	25.08.84	гр.	-	-	8,15	-	366,5	-	28,9	-	-	-	-	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Майзиге I	26.08.84	гр.	-	-	7,75	-	80,0	-	18,3	-	-	-	-	-
II	26.08.84	гр.	-	-	8,10	-	254,0	-	25,0	-	-	-	-	-
Брасла	26.08.84	гл.	-	-	8,10	-	369,5	-	28,9	-	-	-	-	-
Лобе I	12.09.84	м.п.	-	-	7,17	-	415,0	-	28,6	-	-	-	-	-
	2.09.84	м.п.	-	-	-	-	317,5	-	-	-	-	-	-	-
III	2.09.84	гр.	-	-	7,20	-	405,0	-	28,4	-	-	-	-	-
Тумшупе I	6.09.84	м.п.	-	-	6,85	-	411,0	-	27,9	-	-	-	-	-
		м.п.	-	-	-	-	456,0	-	-	-	-	-	-	-
II	6.09.84	ил	-	-	-	-	167,8	-	-	-	-	-	-	-
		м.п.	-	-	-	-	329,2	-	-	-	-	-	-	-
Кайбала I	7.09.84	м.п.	-	-	7,80	-	120,2	-	19,7	-	-	-	-	-
II	7.09.84	д.	-	-	7,90	-	80,0	-	18,6	-	-	-	-	-
Локмене	13.09.84	кр.п.	-	-	7,41	-	-	-	-	-	0,34	-	0,131	-
Бебрупе	13.09.84	кр.п.	-	-	7,12	-	-	-	-	-	0,26	-	0,100	-
		м.п.	-	-	7,40	-	-	-	-	-	0,28	-	-	-
Лауце I	13.09.84	д.	-	-	7,60	-	307,3	-	25,8	-	0,67	-	-	-
		д.	-	-	7,20	-	303,3	-	24,9	-	2,71	-	0,156	-
II	14.09.84	кр.п.	-	-	7,73	-	369,0	-	27,8	-	0,49	-	-	-
		м.п.	-	-	7,77	-	328,3	-	26,9	-	1,71	-	-	-
Лигатне I	8.09.84	ил.	-	-	7,63	-	-3,0	-	15,5	-	-	-	-	-
		кр.п.	-	-	-	-	269,0	-	-	-	-	-	-	-
II	8.09.84	гр.	-	-	7,83	-	397,0	-	29,3	-	-	-	-	-
		п.ил	-	-	-	-	-2,0	-	-	-	-	-	-	-
Перльупе	27.09.84	гр.	-	-	6,84	-	381,0	-	26,8	-	0,36	-	-	-
		кр.п.	-	-	6,80	-	429,0	-	28,4	-	0,28	-	-	-
		ил	-	-	6,30	-	258,7	-	21,2	-	1,80	-	-	-
		п.ил	-	-	6,85	-	158,8	-	20,1	-	5,75	-	0,036	-
		гр.	-	-	6,83	-	371,2	-	26,8	-	0,25	-	-	-

Обозначения: гр. - гравий; кр.п. - крупнозернистый песок; м.п. - мелкозернистый песок; и.п. - илистый песок;  
п.ил - песчаный ил; д. - детрит; т. - торф; гл. - глина; сгл. - суглинки.

Средние данные pH, Eh (мВ) и  $\Sigma\text{NH}_2$  разнотипных донных отложений  
малых рек Латвии

Тип донных отложений, слой	pH <sub>ср</sub>								
	Л е т о		О с е н ь		З и м а		В е с н а		
	n <sup>x</sup>	pH <sub>ср</sub> ± s <sup>**</sup>	n	pH <sub>ср</sub> ± s	n	pH <sub>ср</sub> ± s	n	pH <sub>ср</sub> ± s	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	
Гравий	поверхностный	18	7,70±0,63	3	6,91±0,12	1	7,37	1	6,50
	глубинный	10	7,76±0,73	1	7,50	-	-	-	-
Крупнозернистый песок	пов.	9	7,47±0,33	2	7,49±0,57	2	7,67±0,52	2	-
	глуб.	12	7,53±0,45	1	7,91	1	7,65	1	6,35
Мелкозернистый песок	пов.	12	7,19±0,54	2	7,46±0,01	2	7,02±0,60	2	7,40±0,35
	глуб.	8	6,90±0,49	3	6,83±0,81	2	7,36±0,26	1	6,15
Илистый песок	пов.	15	7,31±0,40	3	7,09±0,77	3	7,73±0,24	2	6,92±0,88
	глуб.	5	6,86±0,35	2	7,52±0,05	2	7,43±0,44	2	7,00±0,35
Песчаный ил, пов.	пов.	6	7,21±0,48	5	7,18±0,29	1	7,21	1	6,35
	глуб.	2	6,86±0,04	3	7,09±0,56	5	7,27±0,20	1	6,36

I		2	3	4	5	6	7	8	9
Ил,	пов.	5	7,69 $\pm$ 0,24	3	7,06 $\pm$ 0,65	2	7,29 $\pm$ 0,01	-	-
	глуб.	-	-	-	-	2	7,46 $\pm$ 0,27	-	-
Детрит,	пов.	4	7,45 $\pm$ 0,36	-	-	1	7,30	-	-
	глуб.	-	-	-	-	-	-	1	7,60
Торф,	пов.	1	6,60	1	6,80	-	-	1	6,43
	глуб.	1	6,31	1	6,51	-	-	1	5,17
Глина,	пов.	3	7,80 $\pm$ 1,32	2	6,56 $\pm$ 0,30	1	7,80	-	-
	глуб.	3	7,69 $\pm$ 1,18	3	6,77 $\pm$ 0,52	-	-	1	7,95
Суглинки,	пов.	2	8,00 $\pm$ 0,01	1	7,60	2	7,80 $\pm$ 0,50	-	-
	глуб.	3	7,52 $\pm$ 1,14	2	7,56 $\pm$ 0,97	4	7,50 $\pm$ 0,28	-	-
$M_{cp}$									
		Л е т о		О с е н ь		З и м а		В е с н а	
		$M_{cp} \pm S$		$M_{cp} \pm S$		$M_{cp} \pm S$		$M_{cp} \pm S$	
Гравий,	пов.	21	303,0 $\pm$ 98,5	-	-	1	413,0	1	53,2
	глуб.	3	286,6 $\pm$ 101,7	-	-	-	-	-	-
Крупнозернистый песок,	пов.	5	316,8 $\pm$ 78,3	1	512,2	2	367,2 $\pm$ 143,9	-	-



I		2	3	4	5	6	7	8	9
Крупнозернистый песок,	глуб.	13	235,7 <sup>±</sup> 36,2	1	222,5	1	117,0	1	117,0
Мелкозернистый песок,	пов.	14	287,4 <sup>±</sup> 103,7	2	239,4 <sup>±</sup> 159,3	2	244,9 <sup>±</sup> 162,8	3	135,1 <sup>±</sup> 56,7
	глуб.	7	202,3 <sup>±</sup> 73,1	4	187,6 <sup>±</sup> 71,6	2	99,5 <sup>±</sup> 27,6	1	61,5
Илистый песок, пов.	глуб.	17	231,9 <sup>±</sup> 87,7	3	183,5 <sup>±</sup> 34,5	3	73,5 <sup>±</sup> 29,1	2	84,9 <sup>±</sup> 32,0
	глуб.	4	154,4 <sup>±</sup> 65,3	2	103,9 <sup>±</sup> 33,8	2	68,6 <sup>±</sup> 10,8	2	118,5 <sup>±</sup> 37,5
Песчаный ил, пов.	глуб.	9	161,8 <sup>±</sup> 90,6	5	106,4 <sup>±</sup> 101,0	1	31,0	1	79,0
	глуб.	2	160,0 <sup>±</sup> 7,1	3	59,8 <sup>±</sup> 109,8	5	29,6 <sup>±</sup> 55,6	1	76,5
Ил,	пов.	6	135,5 <sup>±</sup> 116,3	3	161,6 <sup>±</sup> 97,2	2	74,3 <sup>±</sup> 79,6	-	-
	глуб.	1	104,0	-	-	2	24,2 <sup>±</sup> 97,9	-	-
Детрит,	пов.	5	194,4 <sup>±</sup> 155,9	-	-	1	81,0	-	-
	глуб.	-	-	-	-	-	-	1	6,2
Торф,	пов.	1	98,0	1	222,7	-	-	1	118,0
	глуб.	1	39,0	1	175,0	-	-	1	80,0
Глина,	пов.	4	221,1 <sup>±</sup> 114,0	2	282,5 <sup>±</sup> 44,2	1	226,0	-	-
	глуб.	2	203,0 <sup>±</sup> 60,8	3	157,2 <sup>±</sup> 43,2	-	-	1	242,2
Суглинки,	пов.	2	281,4 <sup>±</sup> 109,8	1	93,0	2	216,0 <sup>±</sup> 108,9	-	-
	глуб.	1	69,0	2	150,0 <sup>±</sup> 12,7	4	76,7 <sup>±</sup> 13,2	-	-

		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
		NH <sub>2</sub> ср											
		Лето			Осень			Зима		Весна			
		NH <sub>2</sub>	ср <sup>±</sup>	S	NH <sub>2</sub>	ср <sup>±</sup>	S	NH <sub>2</sub>	ср <sup>±</sup>	S			
Гравий,	пов.	17	25,9 <sup>±</sup>	4,0	2	26,6 <sup>±</sup>	0,2	1	29,0	1	14,8		
	глуб.	8	25,5 <sup>±</sup>	4,9	-	-	-	-	-	-	-		
Крупнозернистый песок,	пов.	7	25,6 <sup>±</sup>	2,2	2	31,2 <sup>±</sup>	3,9	2	27,9 <sup>±</sup>	6,0	-		
	глуб.	15	23,1 <sup>±</sup>	1,6	1	23,5	-	1	19,3	1	16,7		
Мелкозернистый песок,	пов.	11	24,3 <sup>±</sup>	3,2	2	23,1 <sup>±</sup>	5,5	2	22,5 <sup>±</sup>	4,4	3	17,5 <sup>±</sup>	5,3
	глуб.	6	20,3 <sup>±</sup>	3,6	3	19,7 <sup>±</sup>	3,8	2	18,1 <sup>±</sup>	1,5	1	14,4	-
Илистый песок,	пов.	14	21,9 <sup>±</sup>	3,9	3	20,5 <sup>±</sup>	2,3	3	18,0 <sup>±</sup>	0,8	2	20,9 <sup>±</sup>	7,6
	глуб.	3	19,7 <sup>±</sup>	1,7	2	18,6	-	2	12,1 <sup>±</sup>	1,0	2	18,1 <sup>±</sup>	2,0
Песчаный ил,	пов.	6	21,7 <sup>±</sup>	2,8	5	18,0 <sup>±</sup>	3,3	1	13,3	-	1	15,4	-
	глуб.	2	19,2 <sup>±</sup>	0,3	3	16,2 <sup>±</sup>	3,1	5	13,5 <sup>±</sup>	1,9	1	15,3	-
Ил,	пов.	4	20,5 <sup>±</sup>	4,5	3	19,6	2,2	2	17,1 <sup>±</sup>	2,7	-	-	-
	глуб.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	14,0 <sup>±</sup>	3,9

I		2	3	4	5	6	7	8	9
Детрит,	пов.	4	23,2 <sup>±</sup> 3,2	-	-	1	11,8	-	-
	глуб.	-	-	-	-	-	-	1	17,3
Торф,	пов.	1	16,6	1	21,3	-	-	1	16,9
	глуб.	1	14,0	1	19,0	-	-	1	13,1
Глина,	пов.	3	24,6 <sup>±</sup> 5,1	2	22,9 <sup>±</sup> 2,1	1	23,4	-	-
	глуб.	2	23,6 <sup>±</sup> 3,5	3	19,0 <sup>±</sup> 0,7	-	-	1	24,2
Суглинки,	пов.	2	25,7 <sup>±</sup> 3,8	1	18,4	2	23,0 <sup>±</sup> 4,7	-	-
	глуб.	1	17,5	2	20,3 <sup>±</sup> 2,4	4	17,6 <sup>±</sup> 0,8	-	-

<sup>x</sup>n - объем выборки, <sup>xx</sup>S - стандартное отклонение от среднего арифметического

Приложение 5

Содержание общего фосфора  $P_{\text{общ}}$  (в %) в составе органических веществ разнотипных донных отложений

Тип донных отложений	$P_{\text{общ}}$		
	Поверхностные слои	Глубинные слои	В среднем
Гравий	0,078	-	-
Крупнозернистый песок	0,054	0,077	0,065
Мелкозернистый песок	0,063	0,041	0,056
Илистый песок	0,039	-	-
Песчаный ил	0,041	0,028	0,035
Ил	0,023	-	-
Детрит	0,137	-	-
Горф	-	-	-
Глина	0,028	0,024	0,026
Суглинки	0,041	0,077	0,071
В среднем	0,056	0,049	0,052

Приложение 6

Микробиологические показатели воды малых рек Латвии

Место взятия проб	Дата	Общая численность бактерий-планктона, млн. кл/мл	Число сапрофитов, кл/мл	Число олигокарбовидов, кл/мл	Число гнилостных бактерий, кл/мл
1	2	3	4	5	6
Истра	20.07.81	3,2	680	720	28 000
Иша-I-2	2.08.81	1,3	890	11 040	750
Рушоница-I	12.08.81	2,0	620	5 300	1 060
Исталена	20.07.81	12,1	580	1 880	40
Индра-I	17.07.81	1,0	730	4 920	770
Индра-2	17.07.81	4,1	330	1 520	630
Асуница	17.07.81	3,0	1390	8 460	2 000
Иша-II-I	25.07.81	4,4	340	-	800
Иша-I-2	2.08.81	2,4	6010	12 840	7 890
Яла-II	1.08.81	1,2	1500	5 870	720
Яла-II-I	30.07.81	1,7	1100	4 780	790
Яла-II-2	30.07.81	2,4	1030	4 930	710
Иша-II-3	31.07.81	0,6	1180	11 000	960
Ликсна	13.08.81	1,1	4000	12 250	2 940
Рушоница-2	12.08.81	1,4	830	2 190	560
Мунупе-I	21.07.82	3,7	1650	7 230	-
Малупе-2	15.07.82	4,4	1610	6 640	-
Глакупе-2	20.07.82	5,0	1500	8 540	-
Глакупе-I	20.07.82	4,5	1590	5 840	-
Иге	22.07.82	8,8	1780	3 340	-
Йогла-2	22.07.82	2,8	1380	5 950	-
Йогла-I	22.07.82	2,6	6290	12 770	-
Нориня-4	12.07.82	0,4	450	3 060	-
Нориня-3	12.07.82	1,5	550	2 250	-
Нориня-2	12.07.82	-	1240	4 000	-
Нориня-I	13.07.82	14,5	1330	3 120	-
Корге-3	8.08.82	2,8	780	4 500	1 000

Продолжение приложения 6

1	2	3	4	5	6
Корге-2	8.08.82	6,9	I 310	4 940	I 440
Корге-1	8.08.82	4,0	I 710	4 750	-
Перьяне-3	26.07.82	36,6	18 200	46 000	15 000
Перьяне-1	26.07.82	5,4	II 340	15 800	I 670
Светуне-6	23.07.82	5,0	3 250	8 180	-
Светуне-5	23.07.82	2,1	580	4 710	-
Светуне-3	26.07.82	4,2	20 600	40 260	2 210
Светуне-2	26.07.82	2,8	2 000	7 860	800
Светуне-4	26.07.82	4,1	I 350	7 600	I 560
Нунуне-1	7.07.82	2,3	700	3 460	420
Нунуне-1	21.07.82	3,7	I 650	7 230	-
Нунуне-2	7.07.82	6,0	700	3 350	I 770
Нунуне-2	21.07.82	3,3	2 030	8 300	-
Малуне-1	15.07.82	3,0	I 520	6 180	-
Глакуне-2	15.07.83	7,5	790	3 770	110
Ливуне-2	15.07.83	19,1	5 210	2 690	110
Ливуне-1	15.07.83	-	I 040	I 170	170
Витруне-2	23.07.83	-	610	I 080	520
Витруне-1	23.07.83	-	I 680	2 220	I 170
Киреле-1	26.07.83	9,8	750	2 420	690
Киреле-2	26.07.83	9,5	I 110	9 000	I 030
Рамата	13.07.83	-	-	I 380	960
Натрене-1	13.07.83	4,5	-	2 280	610
Натрене-1	27.07.83	3,1	760	2 870	130
Перьяне-2	20.07.83	44,6	20 200	28 180	520
Светуне-3	20.07.83	27,9	18 760	2 530	260
Светуне-2	19.07.83	3,7	I 090	7 840	630
Светуне-1	19.07.83	3,4	840	13 780	I 990
Нунуне-1	25.07.83	9,7	990	I 530	I 000
Нунуне-2	25.07.83	9,3	580	4 030	I 070
Свете-1	13.06.84	6,4	I 670	8 760	860
Свете-2	11.06.84	6,3	540	4 230	90
Свете-4	5.06.84	8,4	2 230	8 430	20
Ауце	5.06.84	13,6	2 200	5 980	250
Берзе-2	5.06.84	6,6	I 540	6 290	180

Продолжение приложения 6

1	2	3	4	5	6
Тервете	11.06.84	7,6	340	2 440	50
Вилце	13.06.84	7,0	1 860	12 750	920
Миса-2	7.06.84	6,4	18 420	26 640	1 620
Мецава-3	7.06.84	8,4	3 420	4 900	200
Иша-III-3	17.11.81	-	1 560	3 510	640
Индра-2	18.11.81	-	500	3 620	-
Иша-I-I	18.11.81	-	410	2 250	580
Иша-I-2	18.11.81	-	690	1 650	360
Иша-II	18.11.81	-	1 300	2 610	510
Иша-III-I	17.11.81	-	800	3 660	460
Иша-III-4	17.11.81	-	1 240	3 350	800
Тартакс-1	10.10.84	-	650	5 460	600
Тартакс-2	10.10.84	-	1 930	8 980	500
Тартакс-3	10.10.84	-	1 020	8 770	1 390
Тартакс-4	10.10.84	-	910	5 900	320
Тартакс-5	10.10.84	-	760	6 400	430
Гуя	11.11.84	7,0	1 430	-	3 000
Сада	12.11.84	5,3	770	-	1 650
Бриде	11.11.84	3,1	4 260	-	700
Иичуне	13.09.83	1,8	1 860	5 550	610
Петерупе	13.09.83	1,8	2 130	9 600	740
Кичуне	13.09.83	2,0	1 070	6 450	930
Аге	13.09.83	1,3	690	4 880	890
Свете-I	16.10.84	4,0	750	1 340	2 550
Свете-3	16.10.84	4,3	1 640	11 000	1 680
Свете-4	17.10.84	9,5	8 600	57 800	6 740
Луце	22.10.84	2,7	1 020	3 850	1 330
Берзе-I	22.10.84	8,9	16 800	11 600	-
Белзе-2	17.10.84	23,2	22 240	37 500	6 140
Тервете	17.10.84	17,3	3 840	85 600	6 860
Мецава-I	23.10.84	7,1	750	2 550	1 340
Мецава-3	18.10.84	15,7	670	98 600	10 050
Вилце	16.10.84	4,9	670	1 030	4 370
Миса-2	18.10.84	15,9	520	110 600	18 000
Миса-I	23.10.84	9,4	3 500	22 900	880

Продолжение приложения 6

I	2	3	4	5	6
Докмене	13.09.84	-	I 290	7 090	530
Бедрупе	13.09.84	-	I 260	4 270	490
Лауце-2	14.09.84	-	420	7 230	760
Лауце-1	13.09.84	-	2 250	8 650	940
Перльупе	27.09.84	-	6 320	II 500	I 200
Ява-П	15.04.82	-	320	2 820	-
Индра-2	14.04.82	-	840	I4I 500	500
Ява-1-1	16.04.82	-	550	580	450
Ява-1-2	16.04.82	-	260	56 000	250
Ява-П-1	15.04.82	-	220	I2 200	-
Ява-П-2	15.04.82	-	440	2 640	-
Ява-П-4	15.04.82	-	320	2 760	-
Асунца	14.04.82	-	270	6 470	520
Таргакс-1	16.05.84	-	660	2 800	II0
Таргакс-2	16.05.84	-	640	3 500	340
Таргакс-3	16.05.84	-	310	2 760	I40
Таргакс-4	16.05.84	-	750	2 740	I50
Таргакс-5	16.05.84	-	970	I 450	270
Бриедэ	22.03.84	0,9	2 000	I 200	-
Светупе-4	21.03.84	-	360	-	8 000
Корге-3	21.03.84	-	990	-	6 000
Перльупе-2	21.03.84	-	670	-	12 000
Перльупе-3	21.03.84	-	630	-	8 000
Светупе-3	21.03.84	-	250	-	240
Седа	23.05.84	II,6	2 230	-	340
Фуя	23.05.84	II,7	640	-	210
Бриедэ	23.05.84	II,3	I 890	-	670
Свето-3	12.03.84	3,7	I 790	I2 560	720
Свето-4	13.03.84	3,4	I4 060	I5 640	980
Ауце	12.03.84	3I,7	II 640	20 540	4 500
Терзе-1	13.03.84	-	9 230	I4 460	I 360
Терзе-2	13.03.84	3,3	I 060	4 470	450
Тервете	12.03.84	8,9	I4 640	29 660	620
Ицава-1	6.03.84	I,8	IO 060	20 680	2 II0



Окончание приложения 6

1	2	3	4	5	6
Ицава-3	5.03.84	3,8	12 000	14 320	4 060
Ицава-2	5.03.84	3,5	1 750	4 860	440
Иса-1	6.03.84	1,5	910	8 800	630

Микробиологическая характеристика поверхностных и глубинных слоев разнотипных донных отложений  
малых рек Латвии в зависимости от степени антропогенной подверженности

Тип донных отложений слой донных отложений уровень антропогенной подверженности Место взятия проб	Дата взятия проб	Общая чис- ленность микроорга- низмов, млн.кл/г	Число са- профитных бактерий, тыс.кл/г	Число оли- гокарбиль- ных бактерий, тыс.кл/г	Число гни- лостных бактерий, тыс.кл/г	Соотношение "сапрофиты/ общая чис- ленность", %	Соотношение "олигокар- бофилы/общая численность", %	Соотношение "гни- лостные бактерии/ общая чис- ленность", %	Соотношение "олигокар- бофилы/са- профиты", %	Соотно- шение "сапрофи- ты/гни- лостные бактерии", %	Темновая ассими- ляция углерода, мкг С/кг в сутки
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Гравий</b>											
пов. слой											
условно нетронутых											
биотопов											
Яла Ш-3	31.07.81	160,1	13,8	60,5	13,0	0,009	0,04	0,03	4,4	1,1	-
Витрупе I	23.07.83	640,0	29,0	90,5	26,2	0,004	0,01	0,004	3,1	1,1	0,014
Рамата	13.07.83	392,0	-	14,0	2,0	-	0,003	0,000	-	-	0,014
Свете II	11.06.84	-	83,5	06,7	35,2	-	-	-	1,0	2,3	-
Свете III	5.06.84	229,6	18,7	54,0	2,2	0,003	0,02	0,001	2,5	3,3	-
Свете I	13.06.84	450,4	121,0	299,0	35,7	0,03	0,07	0,03	2,5	3,4	-
Малупе II	15.07.82	103,8	33,2	79,0	-	0,03	0,03	-	2,4	-	0,003
Яла Ш-3	23.07.81	365,4	116,0	164,0	140,0	0,03	0,04	0,04	1,4	0,8	-
Яла Ш-3	23.07.81	283,7	36,3	71,0	11,0	0,01	0,02	0,004	2,0	3,3	-
Яла Ш-3	23.07.81	396,3	31,0	68,0	3,7	0,008	0,02	0,000	2,2	3,3	-
Яла Ш-3	23.07.81	282,6	65,5	70,0	18,3	0,02	0,02	0,006	1,1	3,6	-
Яла Ш-3	23.07.81	268,2	13,3	19,8	5,7	0,005	0,007	0,002	1,5	2,3	-
Индра II	25.07.81	263,8	15,0	130,0	1,7	0,006	0,05	0,0007	3,7	3,6	-
Абза II	23.08.84	513,3	58,9	103,0	21,2	0,01	0,02	0,004	1,7	2,8	-
Ранка I	25.08.84	273,8	68,1	177,5	33,0	0,02	0,06	0,01	2,6	2,1	-
Лобе III	2.09.84	219,7	62,5	261,5	63,7	0,03	0,1	0,03	4,2	1,0	-
Лиласте II	27.09.84	273,8	100,0	134,2	32,0	0,04	0,03	0,01	1,3	3,1	-
Перльупе (Гауява)	27.09.84	49,7	2,5	322,5	1,7	0,005	0,6	0,003	129,0	1,4	-
		90,5	4,5	245,0	11,7	0,005	0,3	0,01	34,4	0,4	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Тартакс IV	10.10.84	346,6	11,0	95,5	8,7	0,003	0,03	0,002	1,7	1,2	-
Кишупе	13.09.83	244,0	39,5	165,7	26,0	0,02	0,07	0,01	4,2	1,9	-
Аге	13.09.83	251,5	46,5	134,7	44,0	0,002	0,06	0,02	2,1	1,1	-
Тартакс IV	16.05.84	331,2	96,0	268,0	41,3	0,03	0,03	0,01	2,1	2,3	-
Корге III	21.03.84	192,1	3,7	134,5	6,2	0,002	0,07	0,003	3,1	0,6	-
<b>среднее антропогенное воздействие</b>											
Корге II	14.07.82	82,8	162,5	129,2	-	0,2	0,1	-	0,3	-	0,012
Яунупе II	21.07.82	149,0	161,5	281,5	-	0,1	0,2	-	1,7	-	0,035
Вилце	13.06.84	529,9	259,2	461,0	75,7	0,05	0,09	0,01	1,1	3,4	-
Истра	20.07.81	46,4	37,5	1025,0	229,5	0,3	2,2	0,5	2,7	1,6	-
Асуница	17.07.81	418,4	185,0	272,0	102,0	0,04	0,06	0,02	1,1	1,1	-
Майзите I	26.03.84	644,7	336,2	2052,5	87,5	0,05	0,3	0,01	0,1	3,3	-
Майзите II	26.03.84	248,4	201,4	381,0	28,7	0,05	0,1	0,01	1,1	7,0	-
<b>сильное антропогенное воздействие</b>											
Нориня III	13.07.82	179,9	5961,2	7718,7	-	3,3	4,2	-	1,3	-	0,007
Ганка III	25.03.84	1291,0	1830,0	5582,6	539,0	0,1	0,4	0,04	3,0	3,4	-
<b>Глубинные слои условно нетронутые биотопы</b>											
Яша III-3	31.07.81	227,4	22,2	73,0	9,7	0,01	0,03	0,004	3,2	2,3	-
Яша III-3	31.07.81	172,2	17,0	124,0	6,5	0,01	0,07	0,004	7,3	2,6	-
Корге III	14.07.82	183,2	105,0	141,7	-	0,06	0,08	-	1,4	-	0,006
Яунупе I	7.07.82	134,7	4,7	138,5	9,7	0,003	0,1	0,007	29,2	0,5	-
Витрупе I	23.07.83	218,5	45,0	160,2	20,7	0,02	0,07	0,009	3,6	2,1	0,024
Гамата	13.07.83	269,3	-	92,5	13,0	0,03	0,005	-	-	-	-
Свете I	5.06.84	229,6	56,0	299,0	7,7	0,02	0,1	0,003	5,3	7,2	-
Свере II	5.06.84	132,5	15,7	26,0	0,7	0,01	0,02	0,0006	1,6	21,0	-
Тартакс IV	10.10.84	375,3	4,5	34,5	1,5	0,001	0,009	0,0004	7,7	3,0	-
Кишупе	13.09.83	108,0	8,0	79,0	7,7	0,007	0,07	0,007	5,8	1,0	-
Аге	13.09.83	170,0	6,5	54,5	10,2	0,004	0,03	0,006	3,4	0,6	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Среднее антропогенное воздействие</b>											
Нориня I	13.07.82	87,2	607,5	700,0	-	0,7	0,8	-	1,1	-	0,005
Нориня I	13.07.82	78,4	216,0	317,5	-	0,3	0,4	-	1,5	-	0,006
Яунупе II	21.07.82	99,3	134,5	201,5	-	0,1	0,2	-	1,5	-	0,029
Яунупе II	25.07.83	47,5	142,7	183,7	200,0	0,3	0,4	0,4	1,3	0,7	0,024
<b>Сильное антропогенное воздействие</b>											
Нориня III	13.07.82	111,5	369,0	755,0	615,0	0,8	0,7	0,5	3,5	1,4	0,021
<b>Крупнозернистый песок</b>											
<b>пов. слой условно нетронутые биотопы</b>											
Корге III	8.07.82	163,4	64,0	172,3	-	0,039	0,10	-	2,7	-	0,022
Свете I	15.07.82	-	110,0	114,7	13,2	-	-	-	1,0	8,3	0,007
Лигатне I	8.09.84	323,4	31,5	85,2	5,0	0,01	0,03	0,001	2,7	6,3	-
Бебрупе	13.09.84	376,4	63,7	200,5	7,0	0,017	0,05	0,002	3,1	9,1	-
Лауце II	14.09.84	203,1	68,0	161,0	7,5	0,033	0,03	0,006	2,4	9,1	-
Перльупе (Гауява)	27.09.84	112,6	5,0	102,7	7,2	0,0044	0,09	0,006	20,5	0,7	-
Перльупе (Гауява)	27.09.84	206,4	44,5	-	-	0,02	-	-	-	-	-
Свете I	12.03.84	207,5	57,5	165,0	10,2	0,002	0,03	0,005	2,5	5,6	-
<b>Среднее антропогенное воздействие</b>											
Корге II	14.07.82	90,5	135,0	200,0	-	0,15	0,22	-	1,5	-	0,016
Докмене	13.09.84	236,2	257,0	480,7	23,0	0,11	0,2	0,001	1,9	11,2	-
Асуница	17.11.81	242,9	234,0	315,0	8,0	0,1	0,13	0,0033	1,3	29,2	-
Валце	16.10.84	120,9	102,6	221,5	45,6	0,08	0,18	0,038	2,2	2,2	-

Продолжение приложения 7

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Среднее антропогенное воздействие</b>											
Корге II	14.07.82	90,5	135,0	200,0	-	0,16	0,22	-	1,2	-	0,016
Локмене	13.09.84	236,2	257,0	480,7	23,0	0,11	0,2	0,001	1,2	11,2	-
Асуница	17.11.81	242,9	234,0	315,0	8,0	0,1	0,13	0,0033	1,3	20,2	-
Вилце	16.10.84	120,9	102,6	221,5	45,6	0,08	0,16	0,038	1,2	2,2	-
<b>Сильное антропогенное воздействие</b>											
Ликсна	13.08.81	452,6	-	9280,0	365,0	-	2,08	0,03	-	-	-
Глакупе I	20.07.82	116,7	3895,0	4607,5	-	3,3	3,55	-	1,2	-	0,020
Глакупе I	20.07.82	193,2	4631,2	4987,5	-	2,4	2,55	-	1,1	-	0,107
<b>глубинные слои условно нетронутые биотопы</b>											
Йогла I	22.07.82	-	3,0	52,5	-	-	-	-	1,2	-	0,008
Корге III	8.07.82	139,1	21,7	214,5	-	0,02	0,1	-	1,2	-	0,004
Свете I	13.06.84	208,6	37,7	56,7	1,5	0,02	0,03	0,0007	1,2	20,2	-
Свете I	16.10.84	88,9	19,5	26,5	4,2	0,02	0,03	0,005	1,3	4,6	-
Тартакс IV	16.05.84	306,9	2,5	6,8	3,3	0,0008	0,002	0,001	2,7	0,7	-
Свете I	12.03.84	248,4	97,0	182,0	3,5	0,04	0,07	0,001	1,2	27,7	-
<b>Среднее антропогенное воздействие</b>											
Йогла II	22.07.82	226,3	86,5	392,5	-	0,04	0,17	-	4,2	-	0,017
Корге II	14.07.82	57,4	128,5	166,2	-	0,2	0,3	-	1,3	-	0,017
Малупе I	15.07.82	142,0	128,5	269,0	-	0,1	0,2	-	2,1	-	0,016
Глакупе II	15.07.83	159,0	117,7	68,7	-	0,07	0,04	-	0,6	-	0,004
Ливупе I	15.07.83	75,0	99,0	16,0	18,7	0,13	0,02	0,02	0,2	5,3	0,002
Светупе II	19.07.83	119,0	120,2	143,5	25,7	0,1	0,02	0,02	1,2	4,7	0,014

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Сильное антропогенное воздействие</b>											
Глазупе I	20.07.82	168,9	2814,4	7053,7	-	1,7	4,2	-	2,1	-	0,034
Глазупе I	20.07.82	159,0	4940,0	5201,2	-	3,1	3,3	-	1,1	-	0,013
Нориня III	12.07.82	181,0	5510,0	5031,0	-	3,0	2,8	-	0,2	-	-
Светупе IV	26.07.82	124,7	6887,5	15865,0	-	5,5	12,7	-	2,3	-	0,012
<b>Мелкозернистый песок</b>											
<b>пов. слой</b>											
<b>условно нетронутые биотопы</b>											
Йогла I	22.07.82	357,3	8,0	263,0	-	0,0022	0,07	-	13,2	-	0,022
Корге III	8.07.82	151,2	110,0	649,0	-	0,07	0,4	-	10,2	-	0,022
Яунупе I	7.07.82	241,7	23,2	114,7	16,2	0,01	0,05	0,007	10,0	1,4	-
Натрене I	13.07.83	229,5	-	48,0	5,2	-	0,02	0,002	-	-	0,022
Яла III-4	23.07.81	612,7	55,3	119,4	28,2	0,009	0,02	0,005	12,2	2,0	-
		251,7	10,6	45,9	12,3	0,004	0,02	0,005	4,3	0,9	-
		305,8	15,3	58,8	13,1	0,005	0,02	0,004	3,1	1,2	-
		256,1	19,0	13,4	5,7	0,007	0,005	0,002	0,1	3,3	-
Абза III	23.08.84	322,3	20,5	110,5	6,5	0,006	0,03	0,002	1,4	3,1	-
Ранка II	25.08.84	650,7	58,2	153,2	14,2	0,009	0,02	0,002	2,0	4,1	-
Лобе II	2.09.84	172,2	76,2	225,2	21,2	0,04	0,1	0,01	2,9	3,6	-
Лобе III	2.09.84	348,8	62,5	261,5	63,7	0,02	0,07	0,02	4,2	1,0	-
Тумшупе I	6.09.84	256,1	34,5	122,0	18,0	0,01	0,05	0,007	3,5	1,9	-
		292,5	39,0	101,0	12,7	0,01	0,03	0,004	2,0	3,0	-
Кайбада I	7.09.84	155,6	63,2	189,0	9,7	0,04	0,1	0,006	3,0	6,5	-
Яла III-4	18.11.81	184,3	14,0	138,0	1,5	0,008	0,07	0,0008	5,9	9,3	-
Яла III-4	17.11.81	122,5	41,2	118,0	15,2	0,03	0,1	0,01	2,5	2,7	-
Тартакс II	10.10.84	298,0	18,7	112,0	21,5	0,006	0,04	0,04	6,0	0,9	-
Седа	12.09.84	132,5	26,2	-	64,0	0,02	-	0,06	-	0,3	-
Ериде	11.09.84	495,6	93,7	-	50,0	0,02	-	0,01	-	1,9	-
Верзе II	22.10.84	352,2	92,5	530,0	35,0	0,03	0,1	0,01	5,7	2,6	-
Тартакс II	16.05.84	319,0	57,0	303,0	28,3	0,02	0,09	0,009	5,3	2,0	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Индра II	14.04.82	225,2	30,2	37,5	13,7	0,01	0,02	0,006	1,2	2,2	-
Бриде	22.03.84	260,5	55,7	-	9,0	0,02	-	0,003	-	6,2	-
Седа	23.05.84	185,5	28,7	267,5	11,7	0,015	0,1	0,006	2,3	2,4	-
Руя	23.05.84	450,4	110,5	479,0	96,5	0,02	0,1	0,02	4,3	1,1	-
Берзе II	13.03.84	231,8	55,0	109,5	7,0	0,02	0,05	0,003	2,0	7,5	-
Миса II	6.03.84	213,0	20,7	96,2	2,7	0,01	0,04	0,001	4,6	7,5	-
<b>Среднее антропогенное воздействие</b>											
Иге	22.07.82	165,6	201,0	391,7	-	0,12	0,2	-	1,2	-	0,056
Натрене II	27.07.83	441,5	918,5	1235,0	-	0,2	0,3	-	1,3	-	0,001
Истра	20.07.81	303,0	166,0	327,0	219,0	0,05	0,1	0,07	2,0	0,7	-
Абаа I	23.08.84	500,1	788,0	425,0	244,0	0,16	0,05	0,05	6,5	3,2	-
<b>Сильное антропогенное воздействие</b>											
Киреле I	26.07.83	172,0	6412,5	5985,0	-	3,7	3,5	-	0,2	-	0,011
<b>глубинные слои</b>											
<b>условно нетронутые биотопы Нориня II</b>											
Корге III	12.07.82	174,4	103,5	156,2	-	0,06	0,1	-	1,2	-	0,004
Корге III	8.08.82	77,3	35,5	231,0	-	0,05	0,3	-	0,5	-	0,007
Нунуле I	7.07.82	117,0	1,7	20,2	1,2	0,001	0,02	0,001	11,6	1,4	-
Витрупе II	23.07.83	-	44,5	109,0	19,7	-	-	-	2,4	2,2	-
Натрене I	13.07.83	99,3	-	10,0	11,2	-	0,01	0,01	-	-	0,001
Натрене I	13.07.83	155,6	-	18,5	8,0	-	0,01	0,005	-	-	-
Миса II	7.06.84	293,6	1,0	1,0	7,0	0,0003	0,0003	0,002	1,0	0,1	-
Яла I-2	18.11.81	226,3	46,0	229,0	2,5	0,02	0,1	0,001	3,0	18,4	-
		166,7	88,0	226,0	1,2	0,005	0,1	0,0007	2,6	70,4	-
Яла III-4	17.11.81	15,3	33,0	77,5	1,5	0,2	0,5	0,01	2,3	22,0	-
		157,9	46,9	105,0	3,0	0,03	0,07	0,002	2,3	15,6	-
Тартакс II	10.10.84	491,2	15,5	141,0	20,0	0,003	0,03	0,004	0,1	0,7	-
Инуле	13.09.83	244,4	2,2	10,7	3,5	0,0003	0,004	0,001	4,5	0,6	-
Свете I	17.10.84	177,7	8,7	42,5	5,0	0,005	0,02	0,003	4,9	1,7	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Берзе II	22.10.84	365,4	75,0	350,0	10,5	0,002	0,09	0,003	4,7	7,1	-
Тартакс II	16.05.84	446,0	31,0	140,0	15,0	0,007	0,03	0,003	4,5	2,1	-
Миса II	6.03.84	147,9	9,0	64,5	2,0	0,006	0,04	0,001	6,0	4,0	-
<b>Среднее антропогенное воздействие</b>											
Яша II	1.08.81	185,5	188,0	825,0	213,0	0,1	0,4	0,1	4,4	0,0	-
Светупе У	23.07.82	195,4	362,5	721,5	-	0,2	0,4	-	2,0	-	0,005
Аунупе II	21.07.82	113,7	196,5	424,0	-	0,2	0,4	-	2,1	-	0,033
Светупе II	19.07.83	112,5	523,0	760,5	15,5	0,5	0,7	0,01	1,4	34,0	0,013
Берзе I	13.03.84	321,2	612,5	341,0	102,5	0,2	0,1	0,03	0,6	0,0	-
<b>Сильное антропогенное воздействие</b>											
Светупе IV	20.07.83	94,0	1285,0	1162,5	4,7	1,4	1,2	0,005	0,9	270,0	0,001
Киреле II	26.07.83	165,5	5956,5	6583,5	-	3,6	4,0	-	1,1	-	0,005
<b>Илистый песок</b>											
<b>пов. слой</b>											
<b>условно нетронутые биотопы</b>											
Яша III-2	25.07.81	342,2	23,8	140,5	73,0	0,007	0,04	0,02	5,9	0,3	-
		-	62,5	400,0	250,0	-	-	-	9,6	0,2	-
Яша III-2	30.07.81	181,0	124,0	268,0	115,0	0,07	0,1	0,06	2,2	1,1	-
Корге III	8.07.82	311,3	54,2	64,5	-	0,02	0,02	-	1,2	-	0,063
		221,9	135,7	232,5	-	0,06	0,1	-	1,7	-	0,005
Светупе У	23.07.82	226,3	62,5	361,0	-	0,03	0,1	-	5,8	-	0,040
Яша III-4	23.07.81	179,9	35,4	39,4	25,1	0,02	0,02	0,01	1,1	1,4	-
Яша III-1	25.07.81	317,9	19,3	8,5	1,7	0,006	0,003	0,0005	0,4	11,3	-
Лобе I	2.09.84	141,3	83,0	146,7	20,7	0,06	0,1	0,01	1,8	4,0	-
Тумшупе I	6.09.84	256,1	8,2	42,2	125,0	0,003	0,02	0,05	5,1	0,07	-
Бебрупе	13.09.84	223,0	157,7	500,0	29,2	0,07	0,2	0,01	3,2	5,4	-
Лауце II	14.09.84	261,6	93,0	372,5	56,2	0,03	0,1	0,02	4,0	1,6	-



I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Свете I	16.10.84	132,5	63,4	106,2	38,0	0,05	0,08	0,03	1,7	1,7	-
Миса II	23.10.84	406,2	12,0	550,0	58,2	0,003	0,1	0,01	45,8	0,2	-
Перльупе (Гауява)	20.05.84	197,6	62,5	-	150,0	0,03	-	0,03	-	0,4	-
Вриде	23.05.84	546,4	112,7	230,2	66,7	0,02	0,04	0,01	2,0	1,7	-
Свете I	5.03.84	183,2	84,5	325,0	23,2	0,05	0,2	0,01	3,8	3,6	-
<b>Умеренно подверженные антропогенной нагрузке</b>											
Йогла II	22.07.82	239,5	478,0	1132,5	-	0,2	0,5	-	2,4	-	0,013
Нориня I	13.07.82	298,0	283,5	387,5	-	0,1	0,1	-	1,4	-	0,028
Ливупе I	15.07.83	606,0	1331,0	-	10,7	0,2	-	0,002	-	-	0,002
Перльупе II	20.07.83	1093,0	412,5	376,2	20,2	0,04	0,03	0,003	0,9	13,6	0,005
Нунупе II	21.07.82	157,9	177,5	605,0	-	0,1	0,3	-	2,8	-	-
Индра I	18.11.81	346,6	227,0	242,0	120,0	0,06	0,07	0,03	1,1	1,9	-
Яша II	17.11.81	449,3	307,0	1290,0	136,0	0,07	0,3	0,03	4,2	2,2	-
Тартакс III	16.05.84	572,9	109,0	213,0	112,0	0,02	0,04	0,02	1,9	1,0	-
<b>Сильное антропогенное воздействие</b>											
Нориня IV	12.07.82	290,3	4156,0	6198,0	-	1,4	2,1	-	1,5	-	0,028
Перльупе III	26.07.82	411,3	6175,0	19950,0	850,0	1,5	4,8	0,2	3,7	7,3	0,038
Светупе III	26.07.82	270,5	5225,0	11115,0	40,7	1,9	4,1	0,01	2,1	128,2	0,050
		302,5	5890,0	18643,0	97,5	1,9	6,2	0,03	3,2	60,4	0,031
Светупе IV	26.07.82	400,7	6412,5	15865,0	495,0	1,6	4,0	0,1	2,5	12,9	0,039
Ицава III	7.06.84	697,7	1720,0	3926,0	10,0	0,2	0,6	0,001	2,3	172,0	-
	6.03.84	484,6	1697,0	3125,0	230,0	0,3	0,6	0,05	1,8	7,4	-
<b>Глубинные слои</b>											
<b>Условно нетронутые биотопы</b>											
Яша I-I	2.08.81	-	50,0	325,0	75,0	-	-	-	6,5	0,7	-
Яша III-2	30.07.81	166,7	63,5	132,0	38,3	0,04	0,08	0,02	2,1	1,6	-
Рушонца	12.08.81	-	8,0	177,0	7,5	-	-	-	22,1	1,1	-
		-	8,7	11,8	1,7	-	-	-	1,3	5,0	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Перльупе (Гаулява)	27.09.84	152,0	24,7	74,5	26,5	0,02	0,03	0,02	3,0	0,5	0,013
	11.09.84	314,6	1,5	-	1,7	-	-	0,0005	-	0,6	-
Миса II	22.10.84	269,3	93,2	450,0	24,2	0,03	0,2	0,009	4,0	3,0	-
Миса II	23.10.84	211,9	2,0	220,0	20,2	0,0005	0,1	0,009	110,0	0,1	-
Яша I-2	16.04.82	300,3	26,2	35,7	12,2	0,009	0,01	0,004	1,4	2,1	-
Яша III-4	15.04.82	235,1	12,0	24,7	11,5	0,005	0,01	0,005	2,1	1,0	-
Светупе I	21.03.84	175,5	16,0	62,5	82,5	0,009	0,03	0,05	3,5	0,2	-
Светупе V	21.03.84	55,0	55,0	345,0	24,5	0,02	0,6	0,04	6,3	2,2	-
Руя	23.05.84	223,0	24,7	135,0	2,5	0,01	0,06	0,001	3,5	5,9	-
Бриде	23.05.84	167,7	12,7	31,7	1,2	0,007	0,02	0,0007	2,5	10,2	-
<b>биотопы, подверженные умеренной антропогенной нагрузке</b>											
Яша II	1.08.81	26,5	137,5	112,5	100,0	0,5	0,4	0,4	0,5	1,4	-
Яша II	1.08.81	62,9	98,5	209,5	8,2	0,2	0,3	0,01	2,1	11,9	-
Корге I	14.07.82	121,4	112,0	162,5	-	0,1	0,1	-	1,5	-	0,047
Натрене I	27.07.82	142,5	1095,0	1280,0	2,5	0,8	0,9	0,001	1,2	435,0	0,001
Яша II	18.11.81	121,4	307,0	280,0	136,0	0,2	0,2	0,1	0,5	2,2	-
<b>Сильное антропогенное воздействие</b>											
Перльупе III	26.07.82	463,6	6008,7	17385,0	47,2	1,3	3,7	0,01	2,5	127,2	0,027
Светупе III	26.07.82	216,4	4916,2	15247,5	50,0	2,3	7,0	0,02	3,1	98,3	0,003
Светупе IV	26.07.82	264,2	5866,2	19950,0	35,5	2,2	7,5	0,01	3,4	165,2	0,022
<b>Песчаный илилов. слои условно нетронутые биотопы</b>											
Яша III-I	30.07.81	257,2	89,5	444,0	35,4	0,3	0,2	0,01	5,0	2,8	-
Рупоница II	12.07.81	-	64,0	29,5	46,5	-	-	-	0,5	1,4	-
Малупе II	15.07.82	308,0	147,5	400,0	-	0,05	0,1	-	2,7	-	0,106

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Витрупе II	23.07.83	367,5	77,5	18,2	53,0	0,02	0,005	0,01	0,2	1,5	0,007
Натрене I	13.07.83	345,5	-	26,7	14,5	-	0,005	0,004	-	-	0,015
Абза III	23.08.84	423,9	214,7	608,0	27,0	0,05	0,1	0,006	2,4	7,9	-
Лигатне II	8.09.84	394,0	184,2	466,0	14,5	0,05	0,1	0,004	2,5	12,7	-
Тартакс II	10.10.84	386,4	234,0	288,0	111,0	0,06	0,07	0,03	1,2	2,1	-
Яша III-I	15.04.82	234,0	18,2	267,0	21,5	0,003	0,1	0,009	14,6	0,5	-
Яша III-2	15.04.82	282,6	7,0	61,7	21,7	0,002	0,02	0,008	1,5	0,3	-
Тартакс II	16.05.84	478,0	268,0	481,0	75,5	0,06	0,1	0,01	1,5	3,1	-
Светупе I	21.03.84	351,0	109,0	-	76,0	0,04	-	0,02	1,5	1,4	-
<b>Среднее антропогенное воздействие</b>											
Светупе III	23.07.82	353,6	250,0	2069,0	-	0,07	0,6	-	23,0	-	0,037
Натрене II	27.07.83	531,0	867,5	1190,0	1,5	0,2	0,2	0,0003	1,4	575,3	-
Светупе II	19.07.83	353,0	1675,0	1351,0	184,2	0,5	0,4	0,05	0,1	9,1	0,007
Луце	5.06.84	468,1	891,0	1472,0	136,0	0,2	0,3	0,03	1,6	6,5	-
Перльупе II	27.09.84	228,5	305,0	1600,0	175,0	0,1	0,7	0,08	3,2	1,7	-
Тартакс I	10.10.84	597,2	311,0	975,0	183,0	0,3	0,6	0,07	1,7	5,1	-
<b>Сильное антропогенное воздействие</b>											
Перльупе I	26.07.82	363,2	6341,2	15033,0	57,5	1,7	4,1	0,01	2,3	110,3	0,147
Ицава III	18.10.84	790,4	2690,0	4725,0	530,0	0,3	0,6	0,07	1,7	5,1	-
Миса I	18.10.84	500,1	1170,0	3150,0	161,2	0,2	0,6	0,03	2,7	7,2	-
<b>глубинные слои условно нетронутые биотопы</b>											
Яша III-I	30.07.81	111,5	35,9	144,0	21,2	0,03	0,1	0,02	4,0	1,7	-
		138,0	41,5	80,0	13,9	0,03	0,06	0,01	1,5	3,0	-
Светупе V	23.07.82	232,9	115,0	410,5	-	0,05	0,2	-	3,6	-	0,017
Тартакс II	10.10.84	433,8	51,5	175,0	18,0	0,01	0,04	0,004	3,4	2,9	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Свете III	18.10.84	449,3	10,0	6,0	11,7	0,01	0,01	0,003	1,3	4,2	-
Яша III-1	15.04.82	281,0		10,7	10,7	0,0003	0,004	0,004	1,3	0,07	-
Яша III-2	15.04.82	280,4	0,7	17,2	0,2	0,002	0,006	0,003	3,0	0,1	-
Свете III	6.03.84	220,8	21,0	77,0	3,2	0,01	0,03	0,001	3,0	6,6	-
Свете III	6.03.84	202,0	12,2	38,7	1,7	0,006	0,02	0,0009	3,2	7,0	-
Миса II	5.03.84	161,2	24,0	103,0	13,0	0,01	0,06	0,008	3,2	1,0	-
Миса II	5.03.84	161,2	0,7	20,0	6,2	0,00	0,01	0,004	20,7	0,1	-
Миса II	5.03.84	211,9	3,0	16,7	4,0	0,002	0,006	0,002	3,0	0,0	-
Среднее антропогенное воздействие											
Ауце	23.10.84	273,8	43,0	112,0	193,0	0,02	0,4	0,07	11,1	0,2	-
Тартакс I	16.03.84	37,6	169,0	900,0	27,3	0,03	0,2	0,005	3	6,1	-
Сильное антропогенное воздействие											
Перльупе I	26.07.82	232,2	7077,0	14796,2	2,2	2,0	0,2	0,009	2,1	210,3	0,014
<u>Ил</u>											
Пов. слои											
условно нетронутые биотопы											
Светупе У	20.07.83	294,0	79,0	268,7	28,2	0,03	0,09	0,009	3,0	2,0	0,021
Тумлупе II	6.09.84	-	47,2	200,0	10,0	-	-	-	3,4	4,7	-
Яша I-1	18.11.81	217,0	134,0	222,0	0,0	0,06	0,1	0,004	1,0	10,0	-
Яша I-2	18.11.81	130,0	16,0	280,0	66,0	0,01	0,2	0,06	17,0	0,2	-
Инчупе	13.09.83	262,0	167,7	37,7	7,7	0,01	0,06	0,01	4,0	0,9	0,006
Яша III-4	15.04.82	289,2	36,7	10,2	40,7	0,01	0,003	0,01	0,3	0,0	-
Среднее антропогенное воздействие											
Яунупе II	21.07.82	177,7	310,0	378,0	-	0,2	0,3	-	1,0	-	0,011
Яунупе II	21.03.83	23,0	179,0	378,7	200,0	0,06	0,2	0,1	2,1	0,0	0,017
Индра I	17.07.81	460,8	37,0	280,0	20,0	0,1	0,01	0,005	0,0	21,0	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Лауце I	8.09.84	260,5	1098,0	647,0	270,0	0,4	0,3	0,2	3,0	1,0	-
Перльупе II	27.09.84	206,4	231,0	1100,0	30,0	0,1	0,1	0,0	5,0	2,7	-
Яла II	17.11.81	166,7	303,0	416,0	100,0	0,2	0,2	0,1	1,4	1,0	-
Петерупе	13.09.83	370,0	221,0	63,7	127,7	0,06	0,1	0,0	2,0	1,1	0,023
Луце	22.10.84	419,0	362,0	1020,0	167,0	0,05	0,2	0,0	2,0	1,0	-
Иецава II	23.10.84	303,0	968,0	1217,0	102,0	0,3	0,4	0,0	1,0	0,1	-
Индра I	14.04.82	200,0	310,0	630,0	27,2	0,1	0,2	0,0	2,0	0,4	-
Луце	12.03.84	310,2	610,0	562,0	80,0	0,2	0,2	0,0	0,0	7,0	-
Сильное антропогенное воздействие											
Светупе III	20.07.83	229,5	2090,0	1270,0	70,0	1,0	0,1	0,0	3,0	30,0	-
Иецава I	6.03.84	1041,0	1022,0	900,0	390,0	0,1	0,05	0,0	0,0	2,0	-
глубинные слои											
условно нетронутые биотопы											
Светупе У	20.07.83	162,0	39,2	100,0	61,0	0,02	0,05	0,0	3,0	0,6	0,42
Яла I-I	11.11.81	-	102,0	207,0	7,7	-	-	-	2,0	13,2	-
Яла III-I	17.11.81	166,7	39,0	93,0	-	0,02	0,05	-	2,4	-	-
Светупе У	21.03.84	120,3	10,0	17,0	0,7	0,001	0,01	0,001	1,0	13,3	-
Свете I	5.03.84	170,0	13,7	34,2	7,0	0,005	0,02	0,005	2,0	2,0	-
<u>Детрит</u>											
пов. слои											
условно нетронутые биотопы											
Лауце II	13.09.84	303,2	44,2	220,0	30,2	0,01	0,00	0,01	1,0	1,2	-
Яла I-I	16.04.82	204,1	29,0	110,0	20,2	0,01	0,00	0,01	4,0	1,4	-
Яла I-2	16.04.82	170,0	4,0	62,0	11,0	0,002	0,03	0,002	13,0	0,4	-
Нориня II	21.03.84	323,3	08,0	-	110,0	0,02	-	0,05	-	0,1	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Среднее антропогенное воздействие</b>											
Нориня I	12.07.82	284,8	292,2	489,5	-	0,1	0,2	-	1,7	-	9,002
Кайбала II	7.06.84	341,1	538,7	773,5	32,5	0,2	0,2	0,01	1,7	10,3	-
Лауле I	13.09.84	230,7	316,2	517,5	-	0,1	0,2	-	1,0	-	-
<b>Сильное антропогенное воздействие</b>											
Миса I	7.06.84	830,1	1029,6	5675,2	35,2	0,1	0,7	0,004	1,7	25,2	-
<b>Глубинные слои</b>											
Седа	12.09.84	161,2	3,2	-	2,5	0,002	-	0,001	-	1,3	-
Седа	23.05.84	97,1	3,7	7,5	1,2	0,004	0,003	0,001	1,0	3,0	-
<b>Глина пов.слои условно нетронутые биотопы</b>											
Ливуле II	15.07.83	495,5	168,2	204,0	16,0	0,03	0,04	0,003	1,2	11,2	0,002
Свете II	5.06.84	335,6	14,0	634,0	39,2	0,004	0,2	0,01	1,7	0,3	-
Свете II	11.06.84	415,1	66,7	103,2	25,2	0,02	0,02	0,006	1,7	2,6	-
Брасла	26.08.84	163,4	78,6	157,7	27,7	0,02	0,1	0,02	1,0	2,3	-
<b>Среднее антропогенное воздействие</b>											
Берзе I	17.10.84	384,2	772,0	945,0	266,2	0,2	0,2	0,07	1,2	2,9	-
Тервете	17.10.84	324,5	542,0	1179,0	252,0	0,2	0,4	0,03	2,2	2,1	-
Тервете	12.03.84	308,0	254,0	516,0	100,5	0,2	0,2	0,03	2,0	2,5	-
<b>Глубинные слои условно нетронутые биотопы</b>											
Яла III-2	31.07.81	276,0	6,2	900,0	21,3	0,002	0,3	0,003	14,0	0,3	-
Йогла II	22.07.82	174,4	0,5	9,2	-	0,0003	0,003	-	13,0	-	0,007

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ливупе II	15.07.83	107,5	95,2	86,5	7,2	0,09	0,03	0,007	0,5	13,1	0,033
Берзе II	5.06.84	306,9	2,2	14,7	2,2	0,0007	0,000	0,0007	0,7	1,0	-
Свете III	11.06.84	345,5	18,7	0,3	1,0	0,000	0,00007	0,0003	-	18,7	-
Берзе II	17.10.84	-	12,2	94,2	13,0	-	-	-	0,7	0,9	-
Свете III	17.10.84	-	0,5	15,0	3,5	-	-	-	0,9	0,1	-
Миса II	23.10.84	-	56,2	500,0	51,2	-	-	-	0,9	1,1	-
Тартакс II	16.05.84	290,3	10,0	28,3	2,7	0,003	0,01	0,0009	0,3	3,6	-
<b>Суглинки</b>											
<b>пов. слой</b>											
<b>условно нетронутые биотопы</b>											
Свете III	11.06.84	435,7	120,0	259,5	43,5	0,03	0,06	0,01	0,3	2,4	-
Ранка III	23.08.84	556,4	259,1	122,0	152,0	0,05	0,02	0,03	0,3	1,7	-
Свете II	17.10.84	-	43,7	232,0	6,5	-	-	-	0,3	6,7	-
Руя	11.09.84	115,9	87,5	-	27,5	0,07	-	0,02	-	3,2	-
Яша III-I	14.04.82	432,7	2,7	21,7	-	0,0006	0,000	-	0,7	-	-
Яша III-I	14.04.82	450,4	1,2	57,5	6,5	0,0003	0,01	0,001	0,0	0,2	-
<b>Среднее антропогенное воздействие</b>											
Свете IV	16.10.84	161,2	567,5	1150,0	400,0	0,3	0,7	0,2	0,0	1,4	-
Свете IV	13.03.84	366,5	571,0	469,5	26,0	0,2	0,1	0,007	0,5	22,0	-
Берзе I	13.03.84	235,1	542,5	562,0	51,0	0,2	0,2	0,02	1,0	10,6	-
<b>Глубинные слои</b>											
<b>условно нетронутые биотопы</b>											
Свете I	11.06.84	458,1	64,0	-	26,2	0,01	-	0,006	-	2,4	-
Свете II	11.06.84	235,1	81,7	82,5	2,0	0,03	0,03	0,0008	1,0	40,9	-
Свете II	15.10.84	300,3	13,2	33,7	1,5	0,004	0,01	0,0005	0,0	8,8	-
Тартакс II	10.10.84	283,7	3,7	57,5	6,7	0,001	0,02	0,002	1,3	0,0	-
Килупе	13.09.83	153,0	47,5	325,0	32,7	0,03	0,2	0,02	0,0	1,4	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Свете I	16.10.84	377,5	2,2	3,2	5,7	0,0006	0,0009	0,001	11,4	0,4	-
Свете I	13.03.84	-	3,5	70,7	5,2	-	-	-	20,2	0,7	-
Свете II	13.03.84	274,9	62,0	153,7	47,2	0,02	0,02	0,02	12,4	1,3	-
Свете II	13.03.84	244,0	50,5	99,7	3,5	0,02	0,04	0,001	12,4	14,4	-
Тартакс II	16.05.84	251,7	22,5	61,5	6,2	0,009	0,02	0,002	12,4	3,6	-
<b>Умеренное антропогенное воздействие</b>											
Берзе I	12.06.84	72,9	577,5	476,2	44,7	0,3	0,6	0,06	10,4	12,9	-
<b>Торф</b>											
<b>пов. слой условно нетронутые биотопы</b>											
Яла I-I	2.08.81	111,5	12,5	237,5	100,0	0,01	0,2	0,09	11,4	0,1	-
Рушоница I	12.08.81	264,9	98,5	234,0	96,0	0,04	0,09	0,04	12,4	1,0	-
Яла I-2	2.08.81	90,5	50,0	325,0	12,5	0,05	0,3	0,01	12,4	4,0	-
Тартакс У	10.10.84	457,0	68,0	532,5	60,0	0,01	0,1	0,01	12,4	1,1	-
<b>Умеренное антропогенное воздействие</b>											
Исталсна	20.07.81	71,7	91,0	131,5	100,0	0,1	0,2	0,1	11,4	0,9	-
Исталсна	16.05.84	475,8	239,0	570,0	109,0	0,06	0,1	0,02	12,4	2,6	-
<b>Сильное антропогенное воздействие</b>											
Киреле I	26.07.83	119,0	5942,2	6246,2	-	5,0	5,2	-	11,0	-	0,007
<b>Глубинные слои условно нетронутые биотопы</b>											
Яла I-I	2.08.81	37,5	-	200,0	62,5	-	0,5	0,2	11,4	-	-
Тартакс У	10.10.84	367,6	50,0	357,5	30,0	0,01	0,1	0,008	12,4	1,7	-
Яла I-I	16.04.82	364,3	0,5	1,0	-	0,0001	0,0003	-	12,4	-	-
Тартакс У	16.05.84	236,2	1,2	1,7	13,0	0,0005	0,0007	0,05	11,4	0,1	-
<b>Умеренное антропогенное воздействие</b>											
Исталсна	20.07.81	86,0	276,5	687,5	25,0	0,3	0,6	0,08	12,4	11,1	0,005



Приложение 3

Общая численность бактериобентоса (млн.кл/г)  
в разнотипных донных отложениях условно  
нетронутых ( I ), подверженных умеренному ( II )  
и сильному ( III ) антропогенному воздействию  
биотопов

Тип донных отложений	I			
	пов. слой		глуб. слой	
	n	ББ ± S	n	ББ ± S
Гравий	24	284,3 ± 133,5	11	201,5 ± 75,3
Крупнозернистый песок	7	227,9 ± 91,4	5	208,3 ± 104,7
Мелкозернистый песок	28	288,4 ± 131,4	16	209,7 ± 131,0
Илистый песок	16	258,0 ± 107,3	11	208,3 ± 73,7
Песчаный ил	11	348,0 ± 73,3	12	240,4 ± 107,3
Ил	5	239,9 ± 65,7	4	186,1 ± 24,5
Детрит	4	269,8 ± 82,0	2	129,1 ± 45,3
Торф	4	231,0 ± 169,5	4	251,4 ± 155,2
Глина	4	352,4 ± 141,9	6	250,1 ± 90,2
Суглинки	5	398,2 ± 165,9	9	286,5 ± 87,6
В среднем по слоям		289,8		214,2
В среднем пов. и глуб. слой				252,0

	II			
	пов. слой		глуб. слой	
	n	ББ ± S	n	ББ ± S
Гравий	7	302,8 ± 231,9	4	78,1 ± 22,1
Крупнозернистый песок	5	208,3 ± 104,7	6	129,8 ± 61,1
Мелкозернистый песок	4	353,8 ± 149,0	5	185,7 ± 85,1
Илистый песок	7	473,4 ± 319,5	5	94,9 ± 48,4
Песчаный ил	6	418,9 ± 137,3	2	405,7 ± 186,5

Окончание приложения 8

I	2	3	4	5
Ил	II	287,6 <sup>±</sup> 98,4	-	-
Детрит	3	285,5 <sup>±</sup> 55,2	-	-
Торф	2	273,7 <sup>±</sup> 285,1	I	86,0
Глина	3	338,9 <sup>±</sup> 40,1	-	-
Суглинки	3	254,3 <sup>±</sup> 104,0	I	72,9
В среднем по слоям		319,7		150,4
В целом пов. и глуб. слои			235,0	

III

	пов. слой		глуб. слой	
	n	BB <sup>±</sup> s	n	BB <sup>±</sup> s
Гравий	2	738,4 <sup>±</sup> 785,7	1	111,5
Крупнозернистый песок	3	254,2 <sup>±</sup> 176,0	4	158,4 <sup>±</sup> 24,2
Мелкозернистый песок	1	172,0	2	129,7 <sup>±</sup> 50,5
Илистый песок	7	408,2 <sup>±</sup> 149,3	3	314,7 <sup>±</sup> 131,1
Песчаный ил	3	551,2 <sup>±</sup> 218,1	1	282,2
Ил	2	635,2 <sup>±</sup> 573,8	-	-
Детрит	1	830,1	-	-
Торф	1	119,0	-	-
Глина	-	-	-	-
Суглинки	-	-	-	-
В среднем по слоям		463,2		199,3
В целом пов. и глуб. слои			334,2	

Примечание: n - объем выборки;  
s - стандартное отклонение от среднего арифметического;  
BB - общая численность бактериобентоса

Гигроскопическая влажность ( в % ) разных типов донных отложений

Тип донных отложений	Поверхностные слои		Глубинные слои		В среднем
	мин- макс	ср.	мин- макс	ср.	
Гравий	0,04 - 0,50	0,17	0,04 - 0,50	0,22	0,19
Крупнозернистый песок	0,07 - 0,83	0,25	0,10 - 2,09	0,57	0,41
Мелкозернистый песок	0,08 - 0,63	0,24	0,11 - 0,97	0,35	0,29
Илистый песок	0,10 - 3,59	0,72	0,13 - 1,35	0,65	0,69
Песчаный ил	0,62 - 1,68	1,16	0,43 - 1,68	0,94	1,05
Ил	0,27 - 3,69	1,72	0,62 - 1,85	1,15	1,43
Детрит	0,21 - 3,31	1,18	0,65 -	-	1,08
Торф	0,70 - 14,49	7,89	3,32 - 9,84	6,88	7,23
Глина	0,35 - 1,77	1,11	0,40 - 3,08	1,37	1,24
Суглинки	0,78 - 1,39	1,10	0,14 - 2,08	1,04	1,07

Приложение 10

Численность сапрофитных бактерий (тыс.кл/г)  
в разнотипных донных отложениях условно  
нетронутых ( I ), подверженных умеренному ( II )  
и сильному ( III ) антропогенному воздействию  
биотопов

Тип донных отложений	I					
	пов.слом			глуб. слом		
	n	СБ ± s	s	n	СБ ± s	s
I	2	3	4	5		
Гравий	24	46,1±	36,1	10	28,5±	32,1
Крупнозернистый песок	3	55,5±	30,5	6	30,2±	35,2
Мелкозернистый песок	27	45,9±	30,3	15	36,1±	32,2
Илистый песок	17	70,3±	44,2	14	28,5±	27,1
Песчаный ил	10	114,6±	78,6	12	30,2±	32,6
Ил	6	58,0±	42,6	5	40,0±	37,0
Детрит	4	33,9±	22,9	2	3,5±	0,3
Торф	4	57,2±	35,9	3	17,2±	28,4
Глина	4	91,9±	64,0	9	22,4±	32,3
Суглинки	6	85,7±	97,0	10	35,1±	29,5
В среднем по слоям		64,9			27,3	
В целом пов. и глуб.слом				46,1		
	II					
	пов. слом			глуб. слом		
	n	СБ ± s	s	n	СБ ± s	s
Гравий	7	240,1±	86,2	4	275,2±	224,5
Крупнозернистый песок	5	176,7±	66,0	6	113,4±	17,0
Мелкозернистый песок	4	518,4±	390,6	5	377,5±	191,5
Илистый песок	3	415,7±	390,6	5	350,0±	424,8
Песчаный ил	6	716,6±	552,0	2	106,0±	89,1

Окончание приложения 10

I	2	3	4	5
Ил	11	469,1 <sup>±</sup> 312,8	-	-
Детрит	3	382,4 <sup>±</sup> 135,9	-	-
Торф	2	190,0 <sup>±</sup> 140,0	I	276,5
Глина	3	522,8 <sup>±</sup> 259,3	-	-
Суглинки	3	560,3 <sup>±</sup> 15,5	I	577,5
В среднем по слоям		419,2		296,6
В целом пов. и глуб. слои			357,9	

III

	пов. слой		глуб. слой	
	n	СБ + S	n	СБ + S
Гравий	2	3895,6 <sup>±</sup> 2921,2	I	869,0
Крупнозернистый песок	2	4263,1 <sup>±</sup> 520,6	4	5038,0 <sup>±</sup> 1629,9
Мелкозернистый песок	I	6412,5	2	3620,7 <sup>±</sup> 3303,2
Илистый песок	7	4468,0 <sup>±</sup> 2025,6	3	5597,1 <sup>±</sup> 593,9
Песчаный ил	3	3400,4 <sup>±</sup> 2657,8	I	7077,5
Ил	2	1656,0 <sup>±</sup> 896,6	-	-
Детрит	I	1029,6	-	-
Торф	I	5942,2	-	-
Глина	-	-	-	-
Суглинки	-	-	-	-
В среднем по слоям		3883,4		4840,5
В целом пов. и глуб. слои			4161,9	

Примечание:

- n - объем выборки;
- S - стандартные отклонения от среднего арифметического;
- СБ - сапрофитные бактерии.

Приложение II

Численность олигокарбофильных бактерий (тыс.кл/г)  
в разнотипных донных отложениях условно нетронутых  
( I ), подверженных среднему ( II ) и сильному ( III )  
антропогенному воздействию

Тип донных отложений	I			
	пов.слой		глуб.слой	
	n	Об ± s	n	Об ± s
Гравий	25	132,6±86,3	11	111,2±76,3
Крупнозернистый песок	7	143,1±42,3	6	89,8±86,5
Мелкозернистый песок	25	186,6±159,8	17	113,1±100,2
Илистый песок	16	236,7±169,2	13	188,8±141,3
Песчаный ил	9	272,0±200,9	12	96,5±111,9
Ил	6	206,0±104,0	3	110,3±97,2
Детрит	3	132,7±80,5	1	7,5
Торф	4	344,7±164,0	4	140,1±172,6
Глина	4	287,2±267,7	9	183,1±311,4
Суглинки	5	138,5±104,7	9	98,6±94,7
В среднем по слоям		207,9		110,6
В целом пов. и глуб. слой			159,2	

	II			
	пов. слой		глуб.слой	
	n	Об ± s	n	Об ± s
Гравий	7	657,4±678,7	4	350,7±240,3
Крупнозернистый песок	5	291,6±114,2	6	176,0±136,9
Мелкозернистый песок	4	594,7±428,8	5	614,4±216,9
Илистый песок	7	592,3±436,2	5	408,9±490,8
Песчаный ил	6	1442,8±376,5	2	1011,2±157,3
Ил	11	688,0±314,5	-	-
Детрит	3	593,5±156,5	-	-

Окончание приложения II

I	2	3	4	5
Торф	2	350,7 $\pm$ 310,1	I	687,5
Глина	3	880,0 $\pm$ 336,2	-	-
Суглинки	3	727,2 $\pm$ 359,1	I	476,2)
В среднем по слоям		681,8		532,1
В целом пов. и глуб. слои			607,0	

III

	пов. слой			глуб. слой		
	n	Об $\pm$	S	n	Об $\pm$	S
Гравий	2	6650,7 $\pm$ 1510,5		1	755,0	
Крупнозернистый песок	3	6291,7 $\pm$ 2594,9		4	8287,7 $\pm$ 5133,9	
Мелкозернистый песок	1	5985,0		2	3873,0 $\pm$ 3833,2	
Илистый песок	7	11260,5 $\pm$ 7033,8		3	17527,5 $\pm$ 2354,5	
Песчаный ил	3	7636,2 $\pm$ 6454,6		1	14796,2	
Ил	2	1112,5 $\pm$ 229,8		-	-	
Детрит	1	5675,2		-	-	
Торф	1	6246,2		-	-	
Глина	-	-		-	-	
Суглинки	-	-		-	-	
В среднем по слоям		6357,2			9047,9	
В целом пов. и глуб. слои					7702,5	

Примечание: n - объем выборки; S - стандартные отклонения от среднего арифметического.  
 Об - олигокарбофильные бактерии.

Приложение 12

Численность гнилостных бактерий (тыс.кл/г)  
в разнотипных донных отложениях условно  
нетронутых ( I ), подверженных умеренному ( II )  
и сильному ( III ) антропогенному воздействию  
биотопов

Тип донных отложений	I					
	пов. слой			глуб. слой		
	n	ГБ ± s		n	ГБ ± s	
I	2	3	4	5		
Гравий	24	25,6±29,4		10	8,8± 5,7	
Крупнозернистый песок	6	8,4± 2,9		4	3,1± 1,2	
Мелкозернистый песок	26	23,2±24,4		15	7,4± 6,5	
Илистый песок	14	73,7±66,8		14	23,6±26,0	
Песчаный ил	11	45,1±31,1		11	10,2± 6,2	
Ил	6	35,3±28,6		4	19,2±28,3	
Детрит	4	44,1±45,0		2	1,9± 0,9	
Торф	4	67,1±40,6		3	35,2±25,1	
Глина	4	26,8±10,0		8	12,8±17,0	
Суглинки	5	48,2±60,6		10	13,3±16,9	
В среднем по слоям		39,7			13,5	
В целом пов. и глуб. слой				26,6		

	II					
	пов. слой			глуб. слой		
	n	ГБ ± s		n	ГБ ± s	
Гравий	6	177,1±189,6		1	200,0	
Крупнозернистый песок	4	27,2± 15,8		2	22,2±4,9	
Мелкозернистый песок	3	155,4±132,4		3	110,3±100,0	
Илистый песок	5	82,2± 57,5		4	61,7± 66,7	
Песчаный ил	5	135,9± 77,7		2	113,1±120,7	



Окончание приложения 12

I	2	3	4	5
Ил	10	177,4 <sup>±</sup> 155,0	-	-
Детрит	1	52,5	-	-
Торф	2	104,5 <sup>±</sup> 6,4	1	25,0
Глина	3	206,4 <sup>±</sup> 92,0	-	-
Суглинки	3	159,0 <sup>±</sup> 209,1	1	44,7
В среднем по слоям		127,8		82,4
В целом пов. и глуб. слои			105,1	

III

	пов. слой		глуб. слой	
	n	ГБ + s	n	ГБ + s
Гравий	1	539,0	1	615,0
Крупнозернистый песок	1	365,0	1	12,5
Мелкозернистый песок	-	-	1	4,7
Илистый песок	6	287,2 <sup>±</sup> 327,6	3	44,2 <sup>±</sup> 7,7
Песчаный ил	3	249,6 <sup>±</sup> 248,3	1	25,2
Ил	2	232,5 <sup>±</sup> 222,7	-	-
Детрит	1	35,2	-	-
Торф	-	-	-	-
Глина	-	-	-	-
Суглинки	-	-	-	-
В среднем по слоям		234,7		140,3
В целом пов. и глуб. слои			212,5	

Примечание: n - объем выборки;  
s - стандартное отклонение от среднего арифметического;  
ГБ - гнилостные бактерии.

Общая численность микроорганизмов ( млн. кл/г) различных донных отложений по сезонам

Тип донных отложений	Общая численность бактерий и планктона ± стандартное отклонение							
	Л е т о		О с е н ь		З и м а		В е с н а	
	пов. слой	глуб. слой	пов. слой	глуб. слой	пов. слой	глуб. слой	пов. слой	глуб. слой
Гравий	335,9±241,7	151,3± 65,0	162,3±160,0	375,3	152,1	-	351,2	-
Крупнозернистый песок	250,6±119,7	146,7± 49,2	158,8± 72,0	88,9	206,0± 0,0	248,4	-	308,9
Мелкозернистый песок	310,0±147,9	156,0± 63,3	239,2±104,0	228,6±155,2	230,1± 23,9	234,5±122,5	200,0±117,7	446,0
Илистый песок	337,7±215,3	193,1±128,4	333,6±140,0	200,9± 74,6	287,0±170,0	115,2	200,6± 10,4	236,0± 47,0
Песчаный ил	377,0± 75,6	191,1± 80,0	500,5±212,4	385,6± 97,2	331,0±125,1	191,4± 28,4	301,0	366,0±148,2
Ил	286,1± 93,0	162,0	241,6±104,0	166,7	675,0±516,7	147,9± 39,0	252,1± 24,2	-
Детрит	408,0±241,0	161,2	-	-	323,3	-	201,4± 32,0	97,1
Торф	131,5± 76,8	61,7± 34,3	457,0	367,6	-	-	470,0	300,2± 90,6
Глина	352,4±141,9	242,1± 98,4	354,3± 42,2	-	300,0	-	-	290,3
Суглинки	369,3±227,6	286,7±129,0	161,2	178,3±149,0	300,0 ± 62,8	256,9± 16,1	441,0± 12,5	377,5
В целом	315,8	175,2	290,0	249,0	318,0	199,0	360,0	302,6

Численность сапрофитных бактерий (тыс кл/г) разнотипных донных отложений  
условно нетронутых биотопов по сезонам

Тип донных отложений	Численность сапрофитных бактерий $\pm$ стандартное отклонение							
	Л е т о		О с е н ь		З и м а		В е с н а	
	пов. слой	глуб. слой	пов. слой	глуб. слой	пов. слой	глуб. слой	пов. слой	глуб. слой
Гравий	52,0 $\pm$ 33,5	31,1 $\pm$ 32,8	6,0 $\pm$ 4,4	4,5	3,75	-	56,0	-
Крупнозернистый песок	82,0 $\pm$ 43,6	20,8 $\pm$ 17,4	5,0	19,5	51,0 $\pm$ 9,2	97,0	-	2,5
Мелкозернистый песок	44,7 $\pm$ 30,8	31,4 $\pm$ 40,1	41,6 $\pm$ 30,9	44,7 $\pm$ 29,1	43,8 $\pm$ 20,0	9,0	56,6 $\pm$ 39,2	31,0
Илистый песок	71,6 $\pm$ 48,3	26,1 $\pm$ 25,3	37,7 $\pm$ 36,3	47,6 $\pm$ 64,5	73,5 $\pm$ 15,5	35,5 $\pm$ 27,6	112,75	18,9 $\pm$ 7,6
Песчаный ил	129,6 $\pm$ 61,9	64,1 $\pm$ 44,1	234,0	50,7 $\pm$ 1,1	109,25	12,5 $\pm$ 10,5	97,7 $\pm$ 147,5	3,25 $\pm$ 3,5
Ил	53,7 $\pm$ 23,3	39,25	75,25 $\pm$ 53,1	70,7 $\pm$ 44,9	-	10,0	36,75	-
Детрит	44,25	3,25	-	-	58,0	-	16,7 $\pm$ 17,3	3,75
Торф	53,7 $\pm$ 43,1	-	68,0	50,0	-	-	-	0,9 $\pm$ 0,5
Глина	81,9 $\pm$ 64,0	24,6 $\pm$ 40,1	-	23,0 $\pm$ 29,4	-	-	-	10,0
Суглинки	155,5 $\pm$ 91,1	51,6 $\pm$ 29,1	43,7	3,75	-	34,6 $\pm$ 26,6	2,0 $\pm$ 1,1	2,25
В целом	77,0 $\pm$ 48,8	32,5 $\pm$ 32,7	63,9 $\pm$ 32,4	34,9 $\pm$ 33,0	56,5 $\pm$ 14,9	33,1 $\pm$ 21,6	59,8 $\pm$ 51,0	9,1 $\pm$ 3,9

Численность олигокарбофилов (тыс кл/г) разнотипных донных отложений  
условно нетронутых биотопов по сезонам

Тип донных отложений	Численность олигокарбофилов $\pm$ стандартное отклонение							
	Л е т о		О с е н ь		З и м а		В е с н а	
	пов. слой	глуб. слой	пов. слой	глуб. слой	пов. слой	глуб. слой	пов. слой	глуб. слой
Гравий	112,5 $\pm$ 73,4	118,8 $\pm$ 76,2	221,0 $\pm$ 115,4	34,5	134,5	-	268,0	-
Крупнозернистый песок	162,5 $\pm$ 56,5	107,9 $\pm$ 92,3	102,7	26,5	165,0	182,0	-	6,8
Мелкозернистый песок	165,0 $\pm$ 154,3	69,5 $\pm$ 86,1	224,5 $\pm$ 204,0	167,3 $\pm$ 107,1	102,9 $\pm$ 9,4	54,5	271,7 $\pm$ 181,5	140,0
Илистый песок	214,6 $\pm$ 165,4	144,1 $\pm$ 118,6	328,1 $\pm$ 313,8	335,0 $\pm$ 162,6	325,0	203,7 $\pm$ 199,7	230,2	56,9 $\pm$ 52,6
Песчаный ил	270,4 $\pm$ 231,9	211,5 $\pm$ 175,3	288,0	120,0 $\pm$ 77,8	-	51,1 $\pm$ 37,6	269,9 $\pm$ 209,6	14,0 $\pm$ 4,6
Ил	229,2 $\pm$ 57,1	150,0	266,2 $\pm$ 20,1	175,0 $\pm$ 116,0	-	25,9 $\pm$ 11,1	10,2	-
Детрит	220,5	-	-	-	-	-	286,7 $\pm$ 37,1	17,5
Торф	265,5 $\pm$ 51,5	209,0	582,5	357,5	-	-	-	1,4 $\pm$ 0,5
Глина	287,2 $\pm$ 267,7	202,1 $\pm$ 391,6	-	203,1 $\pm$ 260,2	-	-	-	28,3
Суглинки	190,7 $\pm$ 97,2	147,1 $\pm$ 156,0	232,0	57,5	-	96,4 $\pm$ 41,1	39,6 $\pm$ 25,3	3,25
В целом	211,8	150,1	280,6	164,0	181,6	102,3	167,2	33,5

Численность гнилостных бактерий (тыс кл/г) разнотипных донных отложений  
условно нетронутых биотопов по сезонам

Тип донных отложений	Численность гнилостных бактерий $\pm$ стандартное отклонение							
	Л е т о		О с е н ь		З и м а		В е с н а	
	пов. слой	глуб. слой	пов. слой	глуб. слой	пов. слой	глуб. слой	пов. слой	глуб. слой
Гравий	26,5 $\pm$ 30,7	9,6 $\pm$ 5,4	7,4 $\pm$ 5,1	1,5	6,25	-	41,3	-
Крупнозернистый песок	13,0 $\pm$ 11,2	1,5	7,25	4,25	10,25	3,5	-	3,3
Мелкозернистый песок	24,1 $\pm$ 23,4	8,5 $\pm$ 6,5	18,3 $\pm$ 13,9	6,25 $\pm$ 6,8	6,25 $\pm$ 3,2	2,0	37,6 $\pm$ 40,0	15,0
Илистый песок	77,3 $\pm$ 77,4	25,1 $\pm$ 28,5	48,1 $\pm$ 14,3	22,2 $\pm$ 2,8	36,6 $\pm$ 39,2	53,5 $\pm$ 41,0	66,7	6,9 $\pm$ 5,8
Песчаный ил	31,8 $\pm$ 16,1	17,5 $\pm$ 5,1	111,0	14,9 $\pm$ 4,4	76,0	5,6 $\pm$ 4,4	39,6 $\pm$ 31,1	9,3 $\pm$ 1,8
Ил	25,3 $\pm$ 14,1	61,5	47,5 $\pm$ 55,1	7,72	-	3,9 $\pm$ 4,4	40,75	-
Детрит	35,2	2,5	-	-	110,0	-	15,6 $\pm$ 6,5	1,25
Торф	69,5 $\pm$ 49,4	62,5	60,0	30,0	-	-	-	13,0
Глина	26,8 $\pm$ 9,9	7,9 $\pm$ 9,3	-	22,6 $\pm$ 25,3	-	-	-	2,75
Суглинки	76,0 $\pm$ 66,6	15,6 $\pm$ 16,2	6,5	6,75	-	15,6 $\pm$ 21,1	6,5	5,75
В целом	40,5	21,2	38,2	12,9	49,2	14,0	35,4	7,2

Отношение "сапрофиты/общая численность" (в %) в разнотипных донных отложениях условно нетронутых ( А ),  
 подверженных умеренному ( Б ) и сильному ( В ) антропогенному воздействию биотопов

Тип донных отложений	сапрофиты/общая численность															
	А				Б				В							
	пов. слой		глуб. слой		пов. слой		глуб. слой		пов. слой		глуб. слой		пов. слой		глуб. слой	
	мин-макс	ср.	мин-макс	ср.	мин-макс	ср.	В/А	мин-макс	ср.	В/А	мин-макс	ср.	В/Б	мин-макс	ср.	В/В
Гравий	0,002-0,03	0,015	0,001-0,06	0,014	0,04-0,80	0,19	2,7	0,10-0,70	0,35	25,0	0,1-3,3	1,7	3,9	0,8	-	-
Крупнозернистый песок	0,002-0,04	0,020	0,0003-0,04	0,020	0,03-0,15	0,11	5,5	0,04-0,20	0,11	5,5	2,4-3,3	2,5	25,4	1,7-5,5	3,3	30,0
Мелкозернистый песок	0,002-0,07	0,017	0,0003-0,06	0,030	0,12-0,20	0,13	7,6	0,10-0,50	0,24	8,0	3,7	-	-	1,4-3,6	2,5	10,7
Илистый песок	0,003-0,07	0,033	0,0009-0,10	0,015	0,02-0,20	0,10	3,0	0,10-0,80	0,36	24,0	0,2-1,3	1,2	12,0	1,3-2,3	1,9	5,3
Песчаный ил	0,002-0,06	0,037	0,0003-0,05	0,014	0,05-0,50	0,19	5,1	0,02-0,03	0,03	1,8	0,2-1,7	0,7	18,9	2,5	-	-
Ил	0,01-0,06	0,024	0,003-0,02	0,014	0,06-0,40	0,16	6,7	-	-	-	0,1-1,0	0,5	3,4	-	-	-
Детрит	0,002-0,02	0,010	0,002-0,004	0,003	0,10-0,20	0,13	13,0	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-
Торф	0,01-0,05	0,027	0,0001-0,01	0,003	0,06-0,10	0,03	2,9	0,3	-	-	5,0	-	-	-	-	-
Глина	0,004-0,05	0,026	0,0003-0,09	0,017	0,20	0,20	7,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Суглинки	0,003-0,07	0,030	0,0006-0,03	0,014	0,20-0,30	0,23	7,7	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
В целом по слоям	0,0003-0,07	0,024	0,0001-0,09	0,014	0,04-0,80	0,15	6,2	9,02-0,80	0,31	22,1	0,1-1,0	2,0	13,3	0,8-5,5	2,2	7,1
В целом поверхностные и глубинные слои	0,02						0,2		2,0							



Отношение "гнилостные бактерии/общая численность" (в %) в разнотипных донных отложениях условно нетронутых (А), подверженных умеренному (Б) и сильному (В) антропогенному воздействию биотопов

Тип донных отложений	гнилостные бактерии/общая численность														
	А				Б				В						
	пов. слой		глуб. слой		пов. слой		глуб. слой		пов. слой		глуб. слой				
	мин-макс	ср.	мин-макс	ср.	мин-макс	ср. Б/А	мин-макс	ср. Б/А	мин-макс	ср. В/Б	мин-макс	ср. В/Б			
Гравий	0,0005-0,04	0,0086	0,0004-0,009	0,0046	0,01-0,00	0,110 12,8	0,40	-	-	0,04	-	-	0,7	-	-
Крупнозернистый песок	0,001-0,009	0,0047	0,0007-0,005	0,0019	0,001-0,038	0,014 2,9	0,02	0,02	10,5	0,03	-	-	0,01	-	-
Мелкозернистый песок	0,002-0,03	0,0098	0,0007-0,010	0,0033	0,0007-0,07	0,040 4,1	0,01-0,10	0,05	14,2	-	-	-	0,005	-	-
Илистый песок	0,005-0,08	0,0250	0,0005-0,050	0,0140	0,002-0,03	0,017 0,7	0,001-0,40	0,13	9,3	0,001-0,20	0,005	3,8	0,01-0,02	0,013	0,1
Песчаный ил	0,04-0,03	0,0110	0,0009-0,020	0,0054	0,0003-0,08	0,038 3,4	0,005-0,07	0,047	6,8	0,01-0,07	0,037	1,0	0,009	-	-
Ил	0,004 -0,06	0,0190	0,0006/0,040	0,0150	0,005-0,20	0,063 3,3	-	-	-	0,03-0,04	0,035	0,6	-	-	-
Детрит	0,006 -0,03	0,0140	0,001	0,0010	0,01	-	-	-	-	0,004	-	-	-	-	-
Торф	0,01 -0,09	0,0370	0,003-0,200	0,0860	0,02-0,10	0,060 1,6	0,03	/	-	-	-	-	-	-	-
Глина	0,003 -0,02	0,0097	0,0003-0,008	0,0034	0,03-0,08	0,060 6,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Суглинки	0,001 -0,03	0,0150	0,0005-0,02	0,0059	0,007-0,20	0,076 5,1	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-
В целом по слоям	0,0005-0,09	0,0150	0,0003-0,200	0,0140	0,0003-0,50	0,049 3,2	0,005-0,40	0,10	7,1	0,001-0,2	0,043	0,9	0,005-0,7	0,15	1,5
В целом поверхностные и глубинные слои		0,014				0,074							0,056		



Соотношение "олигокарбофилы/сапрофиты" (в %) в разных типах донных отложений условно нетронутых (А), подверженных умеренному (Б) и сильному (В) антропогенному воздействию биотопов

Тип донных отложений	олигокарбофилы/сапрофиты															
	А				Б				В							
	пов. слой		глуб. слой		пов. слой		глуб. слой		пов. слой		глуб. слой					
	мин-макс	ср.	А/Б	мин-макс	ср.	А/Б	мин-макс	ср.	Б/В	мин-макс	ср.	Б/В	мин-макс	ср.	мин-макс	ср.
Гравий	1,0-54,4	6,7	2,9	1,4-29,2	8,8	6,0	0,8-6,1	2,3	1,1	1,1-1,5	1,3	-	1,3-3,0	2,1	0,9	-
Крупнозернистый песок	1,0-20,5	4,6	3,0	1,3-17,5	5,8	3,6	1,3-2,2	1,7	1,5	0,2-4,5	1,6	0,9	1,1-1,2	1,1	0,9-2,5	1,8
Мелкозернистый песок	0,7-32,9	5,4	3,8	1,0-11,6	4,6	2,2	0,5-2,0	1,4	-	0,6-4,4	2,1	2,1	0,1	-	0,9-1,1	1,0
Илистый песок	0,4-45,8	5,9	2,8	1,3-22,1	5,1	3,9	0,9-4,2	2,1	0,9	0,8-2,1	1,3	0,4	1,1-3,7	2,4	2,9-3,4	3,1
Песчаный ил	0,2-14,6	3,7	0,6	1,3-26,7	6,2	0,4	0,8-23,0	5,8	2,6	5,3-26,1	15,7	-	1,7-2,7	2,2	2,1	-
Ил	0,3-17,0	4,1	2,1	1,7-3,8	2,6	-	0,5-4,8	1,9	2,5	-	-	-	0,6-0,9	0,7	-	-
Детрит	4,0-13,9	7,6	4,7	2,0	-	-	1,4-1,7	1,6	-	-	-	-	5,1	-	-	-
Торф	2,4-12,0	9,1	5,3	1,4-7,1	3,0	-	1,4-2,0	1,7	-	2,1	-	-	1,0	-	-	-
Глина	1,2-49,8	13,4	6,7	0,9-30,0	10,0	-	1,2-2,2	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Суглинки	0,5-46,0	12,4	9,5	1,0-20,2	6,0	-	0,8-2,0	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-
В целом по слоям	0,2-54,5	7,3	3,3	0,9-30,0	5,4	1,5	0,5-23,0	2,2	1,1	0,2-26,1	3,6	2,0	0,6-3,5	2,0	0,9-3,4	1,8
В целом поверхностные и глубинные слои	6,3			2,9			1,9									

Соотношение "сапрофиты/гнилостные бактерии" (в %) в разнотипных донных отложениях условно нетронутых (А), подверженных умеренному (Б) и сильному (В) антропогенному влиянию биотопов

Тип донных отложений	сапрофиты/гнилостные бактерии											
	А				Б				В			
	пов. слой		глуб. слой		пов. слой		глуб. слой		пов. слой		глуб. слой	
	мин-макс	ср.	мин-макс	ср.	мин-макс	ср.	мин-макс	ср.	мин-макс	ср.	мин-макс	ср.
Гравий	0,4-8,6	2,7	0,5-21,0	4,5	1,6-7,0	3,5	0,7	-	3,4	-	1,4	-
Крупнозернистый песок	4,8-9,1	6,3	0,7-27,7	14,5	2,2-29,2	14,2	4,7-5,3	5,0	-	-	351,0	-
Мелкозернистый песок	0,3-9,3	3,1	0,1-70,4	11,3	0,7-282,6	95,5	0,6-34,0	13,6	-	-	270,5	-
Илистый песок	0,07-11,3	2,3	0,1-10,2	2,8	1,0-123,8	28,5	1,4-435,0	113,4	7,3-172,0	64,7	98,3-165,2	130,2
Песчаный ил	0,3-12,7	3,4	0,07-7,0	2,6	1,7-578,3	119,5	0,2-6,1	3,1	5,1-110,3	40,9	250,3	-
Ил	0,2-15,8	4,2	0,6-13,3	7,3	1,1-21,5	5,1	-	-	2,6-30,5	16,5	-	-
Детрит	0,4-1,4	0,9	1,3-3,0	2,1	10,3	-	-	-	29,2	-	-	-
Торф	0,1-4,0	1,5	0,1-1,7	0,9	0,9-2,6	1,7	11,1	-	-	-	-	-
Влина	0,3-11,2	4,2	0,1-18,7	4,8	2,1-2,9	2,5	-	-	-	-	-	-
Суглинки	0,2-6,7	2,8	0,4-40,9	7,4	1,4-22,0	11,3	12,9	-	-	-	-	-
В целом	0,07-15,8	3,1	0,07-70,4	5,8	0,7-578,3	29,2	0,2-435,0	22,8	2,6-172,0	30,9	1,4-351,0	246,7

Средние величины и их стандартные отклонения (s) при объеме выборки n pH, Eh (мВ) и rH<sub>2</sub> в донных отложениях условно нетронутых (I), подверженных умеренному (II) и сильному (III) антропогенному воздействию биотопов

Тип донных отложений, слой	I			II			III			I			II			III											
	n	pH ± s		n	pH ± s		n	pH ± s		n	Eh ± s		n	Eh ± s		n	rH <sub>2</sub> ± s		n	rH <sub>2</sub> ± s							
Гравий, пов.слой	16	7,47±0,76		5	7,79±0,29		2	7,35±0,33		16	320,7±109,1		5	248,9±98,0		2	227,2±142,5		14	26,4±4,7		5	24,1±3,4		2	22,5±4,2	
глуб.слой	6	8,08±0,74		4	7,25±0,39		1	7,55		3	366,3±34,1		4	225,2±109,2		1	292,0		3	29,1±1,1		4	22,2±4,2		1	25,2	
Крупнозернистый песок, пов.слой	8	7,38±0,56		3	7,82±0,39		2	7,53±0,19		8	349,6±87,8		2	375,6±193,2		2	275,0±92,3		6	26,4±2,2		2	25,9±7,2		2	24,5±2,2	
глуб.слой	5	7,48±0,64		6	7,51±0,56		4	7,45±0,39		6	185,2±53,8		6	225,0±31,6		4	254,7±41,7		6	21,3±1,1		6	22,8±1,9		4	24,0±1,1	
Мелкозернистый песок, пов.слой	16	7,29±0,41		2	6,81±1,00		1	6,96		17	256,1±123,7		3	239,7±54,5		1	324,0		15	22,7±4,6		2	22,9±3,1		1	25,1	
глуб.слой	8	6,76±0,57		4	7,34±0,46		2	6,58±0,08		8	134,3±61,4		3	231,0±99,6		1	167,0		8	18,0±2,7		4	21,9±3,4		1	18,8	
Илистый песок, пов.слой	10	7,59±0,24		6	6,99±0,72		7	7,16±0,33		11	226,2±103,1		6	193,7±106,4		7	181,2±97,8		9	22,2±3,6		6	21,2±4,0		7	19,5±4,0	
глуб.слой	6	7,32±0,36		2	6,64±0,56		3	7,00±0,12		7	48,4±97,2		1	190,0		2	178,0±59,4		6	16,3±3,4		1	19,0		2	20,0±2,3	
Песчаный ил, пов.слой	5	7,11±0,50		5	7,12±0,50		3	7,17±0,25		7	109,5±114,8		6	162,4±59,7		3	38,3±137,2		5	18,1±10,0		5	20,3±2,3		3	17,7±4,4	
глуб.слой	8	7,12±0,35		2	6,91±0,78		1	6,89		8	12,8±98,0		2	80,1±10,2		1	165,0		8	14,7±2,5		2	16,5±1,5		1	19,5	
Ил, пов.слой	1	7,77		7	7,38±0,54		2	7,39±0,16		2	113,6±76,6		7	141,4±112,4		2	114,7±136,8		1	17,1		7	18,6±3,3		2	18,7±5,0	
глуб.слой	2	7,46±0,27		-	-		-	-		3	18,5±101,4		-	-		-	-		2	14,0±3,9		-	-		-		
Детрит, пов.слой	2	7,25±0,07		3	7,54±0,39		-	-		2	111,1±271,7		3	219,1±121,9		1	39,7		2	18,3±1,3		3	22,6±3,7		-	-	
глуб.слой	1	7,60		-	-		-	-		1	6:25		-	-		-	-		1	17,3		-	-		-		
Торф, пов.слой	1	6,80		1	6,43		1	6,60		1	222,7		1	118,0		1	98		1	21,3		1	16,9		1	16,6	
глуб.слой	2	5,84±0,95		1	6,31		-	-		2	127,5±67,2		1	39,0		-	-		2	16,0±4,2		1	14,9		-	-	
Глина, пов.слой	3	7,80±1,32		3	6,97±0,75		-	-		4	221,1±114,0		3	263,7±45,2		-	-		3	24,6±1,1		3	23,1±1,5		-	-	
глуб.слой	7	7,32±0,91		-	-		-	-		6	186,6±52,2		-	-		-	-		6	21,4±3,1		-	-		-		
Суглинки, пов.слой	2	8,00±0,01		3	7,74±0,37		-	-		2	281,4±109,8		3	175,0±104,7		-	-		2	25,7±3,8		3	21,5±4,3		-	-	
глуб.слой	8	7,60±0,69		1	6,88		-	-		6	89,2±35,8		1	141,0		-	-		6	18,3±1,9		1	18,6		-	-	
В среднем пов.слои	64	7,45		38	7,26		18	7,16		72	221,2		39	213,7		19	160,0		58	22,4		37	22,1		18	20,6	
В среднем глуб.слои	53	7,26		20	6,98		11	7,09		50	117,5		18	161,6		9	213,3		48	18,7		19	19,3		9	21,5	
В среднем пов. и глуб.слои	117	7,35		58	7,12		29	7,13		102	169,3		57	187,6		28	186,7		106	20,6		56	20,7		27	21,0	

Приложение 23

Средние величины концентрации органических веществ ( $C_{орг}$ , %) и их стандартные отклонения ( $S$ ) при объеме выборки  $n$  в различных донных отложениях условно нетронутых ( I ), подверженных умеренному ( II ) и сильному ( III ) антропогенному воздействию

Тип донных отложений, слой	I		II		III	
	$n$	$C_{орг} \pm S$	$n$	$C_{орг} \pm S$	$n$	$C_{орг} \pm S$
I	2	3	4	5	6	7
Гравий, пов.слой	13	1,00±0,89	2	9,41±12,15	-	-
глубинные слой	5	1,24±1,03	1	1,00	1	1,04
Крупнозернистый песок, пов.слой	7	1,16±1,43	3	3,17±4,57	2	4,05±0,92
глубинные слой	5	3,54±2,56	3	1,03±0,68	2	-
Мелкозернистый песок, пов.слой	13	3,49±4,62	2	1,35±0,67	1	0,51
глубинные слой	11	1,55±1,29	2	0,77±0,09	2	1,70±1,97
Илистый песок, пов.слой	9	3,59±4,91	6	3,03±1,85	5	3,83±1,29
глубинные слой	3	2,05±0,87	2	6,41±4,15	-	-
Песчаный ил, пов.слой	4	5,90±1,96	5	6,30±2,53	2	4,41±1,45
глубинные слой	7	4,20±2,50	2	4,28±2,37	-	-
Ил, пов.слой	4	21,13±27,69	8	5,76±4,35	2	10,04±12,30
глубинные слой	5	19,90±23,65	-	-	-	-
Детрит, пов.слой	2	11,48±12,40	1	0,67	1	2,54
глубинные слой	1	4,08	-	-	-	-
Горф, пов.слой	1	77,59	1	64,21	1	3,48
глубинные слой	1	81,82	1	17,80	-	-
Глина, пов.слой	3	2,12±0,42	3	4,02±2,14	-	-
глубинные слой	6	2,36±0,78	-	-	-	-

Окончание приложения 23

	1	2	3	4	5	6	7
<b>Суглинки,</b>							
пов.слои	2	5,70 $\pm$ 4,35	3	4,08 $\pm$ 0,93	-	-	-
глубинные слои	9	3,99 $\pm$ 1,85	1	1,42-	-	-	-
<b>В целом:</b>							
в среднем пов.слои	58	13,32	34	10,20	14	4,12	
в среднем глубинные слои	56	12,48	12	4,67	5	1,70	
В среднем пов. и глуб. слои	113	12,90	46	7,44	19	2,91	