

**Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных
ЭБЦ «Крестовский остров»
Лаборатория экологии и биомониторинга «ЭФА»**



**Апробация метода биоиндикации состояния малых водотоков
Ленинградской области в рамках учебно-образовательной программы
«Речные контролёры»**

**Автор: Крутинская Алла Александровна
(10 класс, ГБОУ Академическая гимназия №56);**

**Руководитель –
Артур Рэмович Ляндзберг,
директор и педагог дополнительного образования
ЭБЦ «Крестовский остров»**

**Санкт-Петербург
2020-21 год**

Оглавление

Введение.....	3
Обзор литературы.....	6
Характеристика района работ.....	9
Материалы и методы	9
Результаты и обсуждение.....	11
Выводы	16
Список использованных источников	17
Приложения	20

ВВЕДЕНИЕ

Пресные воды суши, которые человечество изымает главным образом из озёр и крупных рек, являются уникальным природным ресурсом и неотъемлемой составляющей благополучия общества. Вода необходима как для прямого пользования (питьё и бытовые нужды), так и для применения в промышленности, энергетике (как теплоноситель или механическая сила на ГЭС), сельском хозяйстве. Большая часть пресной воды, как известно, сосредоточена в ледниках, а в открытом доступе к эксплуатации лежит 0,01% от мировых запасов воды. Несмотря на то что вода считается возобновляемым ресурсом, пресные её запасы конечны. Так, например, имеются прогнозы, согласно которым через тридцать лет пресная вода будет более ценным ресурсом, чем нефть (Троянова, 2020).

Ценность пресной воды для обеспечения комфортной жизни людей всё более возрастает. Нередки примеры истощения локальных запасов пресных вод из-за нерационального ведения сельского хозяйства, вырубок, осушения болот. Естественные биогеоценозы, в пределах которых находится водный объект, играют важную гидрологическую роль, связанную с регуляцией водопотребления и водоотдачи (Крестовский, 1986), а потому их разрушение неизбежно будет сказываться и на состоянии водных объектов. Отдельной проблемой является загрязнение пресных вод: стоки с сельскохозяйственных и промышленных предприятий приносят загрязнители (соли тяжёлых металлов, пестициды, а также и возбудители тяжёлых заболеваний), сохраняющиеся и в коммунально-бытовой воде (Васильева, 2011). Кроме того, водные объекты являются значимыми экосистемами, нарушение которых ведёт к сокращению биоразнообразия и деградации других, тесно связанных экосистем, нарушениям гидрологического и температурного режима рек, крупным паводкам и половодьям (Шкура, 2011).

Во всём мире сейчас реализуются проекты в водоохранной области: обеспечение безопасности питьевой воды (её обеззараживание, очистка) (Кузнецова, 2015), применение опреснительных установок, позволяющих получать воду, пригодную для бытового и сельскохозяйственного применения (Троянова, 2020), тщательный контроль качества воды в рыбохозяйственной отрасли. Опреснительные

установки имеют технические несовершенства (Патент России №2281255; 2688764), а государственные проекты не всегда реализуются в полной мере (Кузнецова, 2015; Шевченко, 2020) – тем не менее, само существование подобных программ является шагом к дальнейшей эффективной деятельности.

Одним из методов, успешно применимых в водоохранной деятельности, является мониторинг. Наблюдение за водным объектом в динамике предоставляет достоверные сведения об эффективности защитных предприятий, об улучшении или ухудшении состояния воды. **Биоиндикация** является удобным инструментом в мониторинге, имеющим ряд преимуществ: низкую стоимость, доступность в использовании непрофессионалами и учёт комплекса показателей, действующих на водную экосистему (например, совокупность действия многих загрязнителей) (Ляндзберг, 2004).

Преимущества методов биоиндикации широко использоваться при оценке состояния малых водотоков волонтерами и школьниками. Проблема деградации малых рек уже затронула многие регионы, и местные жители обеспокоены состоянием водотоков (Марченко, 2014). Не менее важно следить и за качеством воды в ручьях, которые особенно чутко реагируют на антропогенное воздействие и являются «слагаемыми» качества воды в крупных реках и озёрах (Марченко, 2014; Крутинская, Потехина, 2018). Но малых водотоков много, усилий государственных контролирующих организаций не хватает для оценки качества воды в большинстве ручьёв и небольших речек, а заинтересованы в мониторинге прежде всего общественные группы, которые при чётко организованной работе могут решительно влиять на сложившуюся ситуацию (Наблюдение рек, 2018).

Однако в применении традиционных методов биоиндикации (индекс Майера, биотический индекс Вудивисса, индекс Пантле-Букка и др.) к малым водотокам есть свои трудности. Во-первых, классические методики ориентируются на обилии разных групп водных организмов, в то время как в ручьях многие гидробионты имеют естественно низкий показатель обилия из-за малого количества органики, собственных продуцентов. Кроме того, традиционные методы требуют определения организмов до

вида или количественного подсчёта, что часто является недоступным волонтерам и школьникам. Так, ручьи нуждаются в собственном методе биоиндикации (Крутинская, Потехина, 2018).

Исследователями из Лаборатории экологии и биомониторинга ЭФА (СПБГДТЮ ЭБЦ «Крестовский остров») проводилась многолетняя серия исследований, направленная на разработку такого метода, который учитывал бы главные особенности ручьёв и давал адекватную оценку качеству воды в них. Было выявлено четыре группы организмов, которые с достаточным обилием и постоянством во времени встречались в ручьях, не затронутых деятельностью человека, и количество которых в водотоке закономерно уменьшалось по мере степени нарушенности ручья (Маликова, 2012; Крутинская, Савкина, 2017; Крутинская, Потехина, 2018).

Однако разработанный метод требовал дополнительной апробации, в том числе потенциальными пользователями. 26 июня 2020 года была запущена программа общественного экологического мониторинга малых водотоков «Речные контролёры». Данное мероприятие и его итоги определили цель и задачи настоящей работы.

Цель работы: провести апробацию и калибровку разработанного метода биоиндикации малых водотоков Ленинградской области.

Задачи:

1. Анализ гидрологических и гидрохимических характеристик ручьёв, исследованных участниками программы.
2. Расчёт ИЗВ(У) для совокупности исследованных малых водотоков Санкт-Петербурга и Ленинградской области, включая данные общественного мониторинга, выявление корреляции между значениями индекса и количеством обнаруженных индикаторных таксонов.
3. Возможная коррекция разработанного метода и его формулировки с учётом полученных данных.
4. Оценка эффективности повышения экологической грамотности в рамках реализованной программы «Контролёры рек» и возможности

применения предложенного метода на практике начинающими пользователями.

5. Создание информационного пособия по пользованию методикой.

Гипотеза: мы предполагаем, что предложенная методика эффективна в применении общественными группами для мониторинга состояния малых водотоков города Санкт-Петербурга и Ленинградской области

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Первым этапом в разработке методики стал поиск таких групп организмов, которые бы встречались в любом чистом ручье с высокой вероятностью, достаточным обилием и постоянством во времени. Модельными объектами «чистые ручьи» являлись ручьи бассейна реки Луги, которые не испытывали сильной антропогенной нагрузки и протекали в естественной природной среде.

Стартовой точкой для мониторинга незагрязнённых ручьёв стала экспедиция 2011 года, когда пробы макрозообентоса были отобраны на четырёх ручьях-притоках реки Лемовжи (Волосовский район Ленинградской области, впадает в реку Лугу). Предполагалось, что гидробионты, имеющую максимальную встречаемость во всех исследуемых ручьях, могут быть использованы в качестве индикаторов. В 2011 году было отмечено шесть таких видов (Лукичев, Маликова, 2012).

Исследование тех же притоков Лемовжи продолжилось в 2012 году. На этот раз из видов, распространённых годом раньше, так же широко встречалось только два. Анализ данных экспедиции 2012 года показал, что использование конкретных видов в качестве таксонов-индикаторов неэффективно, предпочтительнее же оценивать состояние водотока по более крупным таксономическим единицам, например, семействам или родам (Маликова, 2012).

В следующий раз работы возобновились после экспедиции 2016 года на реку Кемку (Лужский район Ленинградской области, также впадает в Лугу), где были отобраны пробы бентоса на пяти ручьях-притоках. Исследование было направлено на то, чтобы узнать, будут ли гидробионты, обильно встречающиеся в притоках Лемовжи,

также широко распространены в другой речной системе. В результате было выделено четыре группы макрозообентоса, которые постоянно и обильно встречались в бассейнах обеих рек (Крутинская, Савкина, 2017). Кроме того, авторы работы, проанализировав научные труды по изучению бентофауны реки Рощинки и ручья Зеркального, пришли к выводу, что выявленные группы потенциальных индикаторов характерны не только для бассейна реки Луги, но и для других речных систем региона (Давитая, Зарубина, 2004; Свинолупова, Танунина, 2005).

Однако для доказательства индикаторной чувствительности предложенных групп и формулирования метода, необходимо убедиться в том, что «индикаторные» организмы закономерно исчезают из ручьёв по мере их загрязнения. С этой целью летом 2018 года были организованы выезды мобильных гидробиологических групп Лаборатории на ряд ручьёв, протекающих по Северному берегу Финского залива (Курортный район Санкт-Петербурга). Эти ручьи испытывали антропогенную нагрузку, а значения химических показателей в данных водотоках часто отклонялось от ПДК. Группы организмов, предложенных в качестве индикаторных, закономерно исчезали из наиболее загрязнённых водотоков. На основании полученных данных к количеству обнаруженных индикаторов была приурочена условная категория состояния ручья, также был сформулирован предварительный алгоритм метода (Крутинская, Потехина, 2018).

Тем не менее, разработанная методика требовала дополнительной апробации, в том числе на загрязнённых ручьях, которым был посвящён лишь один сезон исследований. Кроме того, важно выяснить, насколько удобен, доступен и достоверен метод в использовании общественными организациями. Выяснению этих вопросов посвящена настоящая работа.

В качестве индикаторов предлагалось использовать четыре группы организмов, а именно:

1. Личинка веснянки рода *Nemoura*. Представители этой группы – сравнительно крупные гидробионты, достигают сантиметра в длину. Отличительными особенностями являются длинные усики, коренастое

тело с короткими задними ногами (будучи выпрямленными, не заходят за конец брюшка).

2. Личинка мошки (семейство Simuliidae). Характерными особенностями являются крупная склеротизированная голова и вздутая задняя часть брюшка, что придаёт личинке грушеобразную форму.
3. Личинки ручейников родов *Stenophylax* и *Potamophylax*. Представители обоих родов схожи по внешнему строению (крупная гусеницеобразная личинка) и структуре домика (цилиндрический, из камешков и крупных песчинок, может включать частицы детрита), отличаются по трудноопределимым признакам (количество и характер щетинок на ногах) и имеют сходную индикаторную ценность, из-за чего были объединены в одну группу индикаторов.
4. Личинка ручейника *Chaetopteryx*. Организмы этой группы меньше в размерах, чем *Stenophylax/Potamophylax*, их домик включает в себя опавшую хвою и мелкие камешки.

На данный момент разработанный метод позволяет соотнести исследуемый ручей с одной из трёх категорий нарушения в соответствии с количеством обнаруженных индикаторных групп, а именно:

Таблица 1. Таблица по пользованию предложенной методикой

Категория степени нарушения водотока.	Количество обнаруженных в водотоке индикаторных таксонов.	Состояние экосистемы
I.	4	Экосистема в нормальном состоянии – отсутствие загрязнения
II.	2-3	В экосистеме есть нарушения – средний уровень загрязнения
III.	0-1	Экосистема серьёзно нарушена – высокий уровень загрязнения

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА РАБОТ

Ручьи и малые реки, на которых проводились исследования, располагаются в различных точках города (Приложения, рисунок 1). Более подробно карту можно изучить в онлайн-режиме (<https://yandex.ru/maps/-/CCUA4HFCXC>). Всего было исследовано 14 водотоков, 10 из них, по словам участников программы, испытывают антропогенную нагрузку (наличие промышленных предприятий, стоков, др. воздействие). Помимо ручьёв, проанализированных «речными контролёрами» летом 2020 года, исследователями Лаборатории ЭФА в феврале 2020 года был организован выезд на Ушковский ручей, ранее исследованный как модельный «грязный» ручей Северного берега Финского залива. Данные по характеристикам этих водотоков представлены в Приложениях (таблица 2).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В июне 2020 года была организована программа «Речные контролёры» (Ляндзберг, 2020). Ребятам, записавшимся на программу, предлагалось самостоятельно провести исследование малого водотока (ручья или речки). В группе на базе социальной сети «ВКонтакте» (<https://vk.com/club196539857>) были опубликованы образовательные ролики, в которых были рассмотрены следующие аспекты из различных областей гидробиологических знаний:

- Общая информация о водных ресурсах, ценности воды и необходимости изучения малых водотоков
- Методы полевого исследования водотока (обзор необходимого снаряжения, механизм расчёта водности, способы отлова и полевого определения гидробионтов)
- Сведения о гидробионтах Северо-Западного региона, их биологических и экологических особенностях
- Особенности химического анализа воды с помощью тест-систем
- Принципы работы традиционных методов биоиндикации и особенности предложенной методики биоиндикации ручьёв

Особое внимание было уделено ознакомлению участников программы со специфическими особенностями строения, жизнедеятельности и распространения групп организмов, которые предложены в качестве индикаторных.

Таким образом ребята, участвующие в программе, получили теоретические знания, необходимые для успешного проведения исследования малых водотоков.

Затем участники движения заносили данные, полученные в ходе индивидуальной работы, в таблицы. Ребята оценивали гидрологические характеристики водотока (длина, максимальная обнаруженная глубина, скорость течения, характер грунта, наличие мусора, стоков, общественное пользование водным объектом), химические и органолептические показатели (запах, прозрачность; pH, GH, NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Fe, растворённый O_2), результаты качественного биологического анализа (обнаруженные индикаторные таксоны и прочие гидробионты).

Для проведения химических анализов участникам выдавались пакеты тест-систем компаний Tetra, НИЛПА и ООО «Крисмас+» (GH).

Качественный отбор проб бентоса проводился участниками методом кошения водной толщи с помощью сачка, последующей промывкой через сито, а также путём ручного сбора организмов с камней и коряг. Разбор проб и полевое определение организмов проводилось с помощью лупы, а организмы, которые участники не могли определить самостоятельно, были сфотографированы и определены руководителями программы «Речные контролёры». Всего в программе приняло участие 46 человек, которыми было исследовано 13 ручьёв (Приложения, таблица 2).

Данные, предоставленные участниками общественного мониторинга, а также некоторые данные прошлых лет (по состоянию притоков реки Лемовжи в 2018 и 2019 году, ручьёв Северного берега Финского залива в 2018 году, реки Рошки на протяжении нескольких лет, Ушковского ручья в 2019 году) были отформатированы и проанализированы. Для определения среднего уровня загрязнённости водотока по превышению норм ПДК (для водных объектов рыбохозяйственного назначения) был высчитан ИЗВ(У) – индекс загрязнённости воды (усреднённый), по следующей формуле:

$$\text{ИЗВ(У)} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}}{n}$$

где C_i – концентрация вещества i ; ПДК – предельно допустимая концентрация вещества i ;

n – количество загрязнителей, концентрация которых в водоеме определена (не менее 3)

При расчёте ИЗВ(У) использовались значения следующих химических показателей: нитраты, нитриты, аммонийный азот, фосфаты, железо.

Также был использован индекс корреляции для оценки зависимости количества встреченных индикаторных групп от ИЗВ(У).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

I. Анализ совокупности данных химического и биологического исследования малых водотоков СПб и ЛО.

Для водотоков, которые были исследованы участниками программы «Речные контролёры», было выявлено следующее соотношение между ИЗВ(У) и количеством обнаруженных индикаторных групп (максимум – 4):

Таблица 3. Некоторые характеристики для ручьёв, исследованных в рамках программы «Речные контролёры в июле 2020 года

№	ИЗВ(У)	Антропогенная нагрузка	Количество обнаруженных индикаторных групп
1	2,0	-	1
2	4,9	+	2
3	16,3	+	1
4	2,5	+	1
5	5,2	-	1
6	18,9	+	0
7	1,6	+	0

8	4,4	-	0
9	4,1	+	0
10	2,6	-	2
11	4,8	+	0
12	1,3	+	1
13	2,3	+	2

Коэффициент корреляции между этими массивами составил -0,173. В соответствии с критическими табличными значениями коэффициента корреляции при 24 степенях свободы (n), это значение не является достоверным при любом уровне значимости p. Как можно видеть, все исследуемые ручьи так или иначе загрязнены, испытывают антропогенную нагрузку, значения ИЗВ(У) в них достаточно высоки, наблюдается превышение норм ПДК в 2-4 раза, так что выраженная корреляция в загрязнённых и нарушенных экосистемах не ожидалась и не обнаружилась.

Данные общественного мониторинга были дополнены сведениями для других водотоков региона: «чистых», в которых как значения ИЗВ(У) часто были низки, нормы ПДК не превышались, а воздействие человека было минимальным (река Рощинка (Свинолупова, Танунина, 2005), притоки реки Лемовжи на 2018 и 2019 год; и «грязных» ручьёв Северного берега Финского залива, исследованных в 2018 году (Крутинская, Потехина, 2018).

Таблица 4. Некоторые характеристики для водотоков Санкт-Петербурга и Ленинградской области

Название/№ водотока	ИЗВ(У)	Количество обнаруженных индикаторных групп
Река Рощинка		
1991	0,2	4
1992	0,2	3
1994	0,1	4
2005	0,1	4
Притоки реки Лемовжи, 2018 год		
Мокрецовый ручей, низ	3,3	2
Безымянный ручей	0,0	3
Река Черёзка	3,3	2
Ручей Коньячный	0,0	4

Ручей Переяглище	0,0	4
Притоки реки Лемовжи, 2019 год		
Мокрецовый ручей, низ	0,2	4
Река Черёзка	3,4	2
Ручей Коньячный	0,5	3
Ручей Переяглище	0,5	4
Устье реки Черёзки	2,8	1
Ручьи Северного берега Финского залива		
1	3,5	0
2	0,4	2
3	2,7	0
4	0,7	3
5	0,4	4
6	2,7	1
7	3,0	0
Ушковский ручей, 2020	3,8	4

Коэффициент корреляции между ИЗВ(У) и количеством индикаторов для всей совокупности данных (включая данные «Контролёров рек») составил -0,483. Эта корреляция, в соответствии с табличными значениями, является достоверной при уровне значимости $p=0,05$; $0,01$. До апробации метода модельными объектами «грязные ручьи» являлось всего семь близкорасположенных водотоков, исследованных под руководством профессионалов, коэффициент корреляции без данных общественного мониторинга составлял -0,697. И хотя значения коэффициента упали с учётом последних данных, они всё ещё демонстрируют наличие связи, и, следовательно, действенность метода. Это может быть связано и с преобладанием данных Лаборатории по «чистым» ручьям, так что дополнительные исследования общественностью всё ещё являются приоритетным направлением.

Линия тренда для диаграммы, построенной в соответствие со всеми имеющимися данными (включая 2020 год) отражает линейную зависимость между количеством встреченных индикаторов и значением ИЗВ(У) (рисунок 1).

Рисунок 1. График зависимости количества обнаруженных в водотоке индикаторных групп от значений индекса загрязнённости воды (усреднённого)



Выделена точка-Ушковский ручей в феврале 2020 года, см. далее по тексту

Стоит обратить внимание на результаты, полученные при изучении Ушковского ручья, полученные при сборе проб летом 2019 и в феврале 2020 года:

Таблица 5. Некоторые характеристики Ушковского ручья на протяжении двух лет исследований

	2019 год	2020 год
ИЗВ(У)	3,5	3,8
Количество индикаторных групп	0	4

Такие различия в показателях могут быть объяснены следующим образом: во-первых, хотя ИЗВ(У) в 2019 году был ниже, чем в 2020, ПДК превышались по трём химическим показателям, в то время как в 2020 году превышались ПДК по двум показателям. Во-вторых, зимой основные источники органического загрязнения ручья

– садоводства и лагеря – не активны, что, вероятно, благоприятно отражается на развитии и распространении водных организмов.

Показатели общественного мониторинга доказали необходимость включения некоторых корректировок в первоначальную формулировку метода. Требование обязательного наличия трёх индикаторных групп для принадлежности ручья к I категории может быть слишком жёстким параметром, особенно для начинающих исследователей. Несмотря на то что предложенные индикаторные группы встречаются обильнее и чаще других гидробионтов, далеко не все начинающие исследователи могут поймать все четыре организма, из-за чего оценка экосистемы может быть занижена. Для определения степени нарушенности водной экосистемы теперь предлагается оценить органолептический показатель – запах, а таблица по пользованию методом выглядит следующим образом:

Таблица 6. Таблица по пользованию предложенной методикой (новая редакция)

Категория степени нарушения (загрязнения) ручья	Количество пойманных индикаторных животных и интенсивность запахов	Состояние экосистемы (ручья)
I.	3-4, неприятные запахи не ощущаются	Экосистема в нормальном состоянии – отсутствие загрязнения
II.	2-3, если организмов три, то неприятные запахи различимы	В экосистеме есть нарушения – средний уровень загрязнения
III.	0-1	Экосистема серьезно нарушена – высокий уровень загрязнения

II. Анализ эффективности деятельности программы «Речные контролёры»

Из записавшихся 46 участников полноценную деятельность проявило 32, 6% (15 человек). По анонимной шкале оценки уровня сложности из 11 человек 8 (73% от всех участвующих) отметили первый уровень сложности (хороший, приемлемый уровень сложности), 2 человека отметили второй уровень (есть затруднения).

Обнаружение видов-индикаторов ребятами, полученные положительные отзывы о программе являются:

- 1) показателем эффективности метода в применении школьниками
- 2) демонстрацией заинтересованности аудитории в предложенной деятельности и потенциальную востребованность предложенной методики
- 3) показателем необходимости максимально понятной формулировки метода.

Выпуск организмов после их полевого определения и фотографирования в естественную среду обитания подчёркивает биоэтичность методики.

Выводы:

1. Ручьи, исследованные участниками программы «Контролёры рек в основном являются нарушенными экосистемами, испытывающими сильное антропогенное влияние, нормативы ПДК в среднем в них превышаются в 2-4 раза. Коэффициент корреляции между ИЗВ(У) и количеством обнаруженных индикаторов составил $-0,272$, что не являлось достоверным значением, т.е. все исследованные ручьи схожи по показателю химического загрязнения.
2. Между значениями ИЗВ(У) и количеством обнаруженных в водотоке индикаторных таксонов при анализе всей совокупности имеющихся данных значения индекса корреляции составили $-0,526$, что является достоверным значением. Таким образом, чем выше степень загрязнённости ручья, тем меньше индикаторных таксонов можно в нём обнаружить.
3. Для оценки степени загрязнённости водотока предложено использовать не только количество индикаторов, но и наличие и интенсивность техногенных запахов воды.
4. Более 70% участников анонимного опроса отметили, что метод доступен для освоения непрофессионалами (в том числе школьниками),

достаточно увлекателен в использовании, то есть эффективен в применении общественностью, в том числе детьми и подростками старше 12 лет.

5. На данный момент работы информационное пособие по пользованию методикой находится в стадии разработки.

Наша гипотеза подтвердилась: предложенная методика вполне применима и востребована в применении общественностью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- *Васильева М.* (2011) Влияние загрязнения воды на организм человека // Внешкольная экология. Сборник №5.
- *Давитая Е., Зарубина Е.* (2004) Оценка целесообразности включения ручья Зеркальный в состав охраняемой природной территории // Рукопись депонирована в Лаборатории ЭФА
- *Крестовский О.* (1986) Влияние вырубок и восстановления лесов на водность рек. Ленинград: Гидрометеиздат.
- *Крутинская А., Потехина В.* (2018) Разработка метода биологической индикации состояния малых водотоков Ленинградской области // Рукопись депонирована в Лаборатории ЭФА
- *Крутинская А., Савкина А.* (2017) Разработка метода биологической индикации состояния малых водотоков на примере ручьев бассейна реки Луги // Рукопись депонирована в Лаборатории ЭФА
- *Кузнецова К.* (2015) Мировой опыт развития законодательства в области обеспечения безопасности питьевой воды и анализ показателей безопасности питьевой воды и воды водоисточников, учитываемых директивой ЕС "о безопасной воде" // ЗНиСО. №7 С. 268.
- *Лукичев П., Маликова В.* (2012) Влияние естественных различий гидрологических условий на макробентос ручьев бассейна реки Лемовжи // XI Молодежная региональная экологическая конференция «Чистая вода — 2012», тезисы докладов. Санкт-Петербург. С. 97-101.

- *Ляндзберг А.* (2004) Биоиндикация состояния пресного водоема с помощью донных организмов // Исследовательская работа школьников. №1 и №2.
- *Ляндзберг А.* (2020) Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Речные контролёры» // Государственное бюджетное нетиповое образовательное учреждение «Санкт-Петербургский городской дворец творчества юных»
- *Маликова В.* (2012) Оценка постоянства списка бентосных организмов-индикаторов естественного состояния малых водотоков юго-запада Ленинградской области // Рукопись депонирована в Лаборатории ЭФА
- *Марченко А.* (2014) Деграция малых рек - одна из самых острых экологических проблем современности // Зелёный мир.
- *Свинолупова А., Танунина М.* (2005) Изучение современного состояния макрозообентоса верховья реки Роцинки // Рукопись депонирована в Лаборатории ЭФА
- *Троянова А.* (2020) Уникальный ресурс // Экология и право. №78. С. 6-12.
- *Шевченко Д.* (2020) Право на воду // Экология и право. №78. С. 12-17.
- *Шкура В.* (2011) Влияние регулирования стока на режим половодья и эффективность естественного воспроизводства рыб в речных бассейнах // Природообустройство. №4.
- Наблюдение рек: пособие для проведения общественного экологического мониторинга // ООО «Экоцентр», Коалиция «Чистая Балтика». – СПб: ООО «Р-КОПИ», 2018
- Патент РФ №2004137231/15, 10.08.2006.
Способ обработки солоноватых вод, включая воды с повышенной жёсткостью, и установка для его существования // Патент России №2281255, бюл. №22. // *Василевский В., Новицкий Э., Хамизов Р.*
- Патент РФ № 2018142481, 03.12.2018.

Способ опреснения воды и устройство для его осуществления // Патент России № 2688764, бюл. №15. // *Фролов С. и др.*

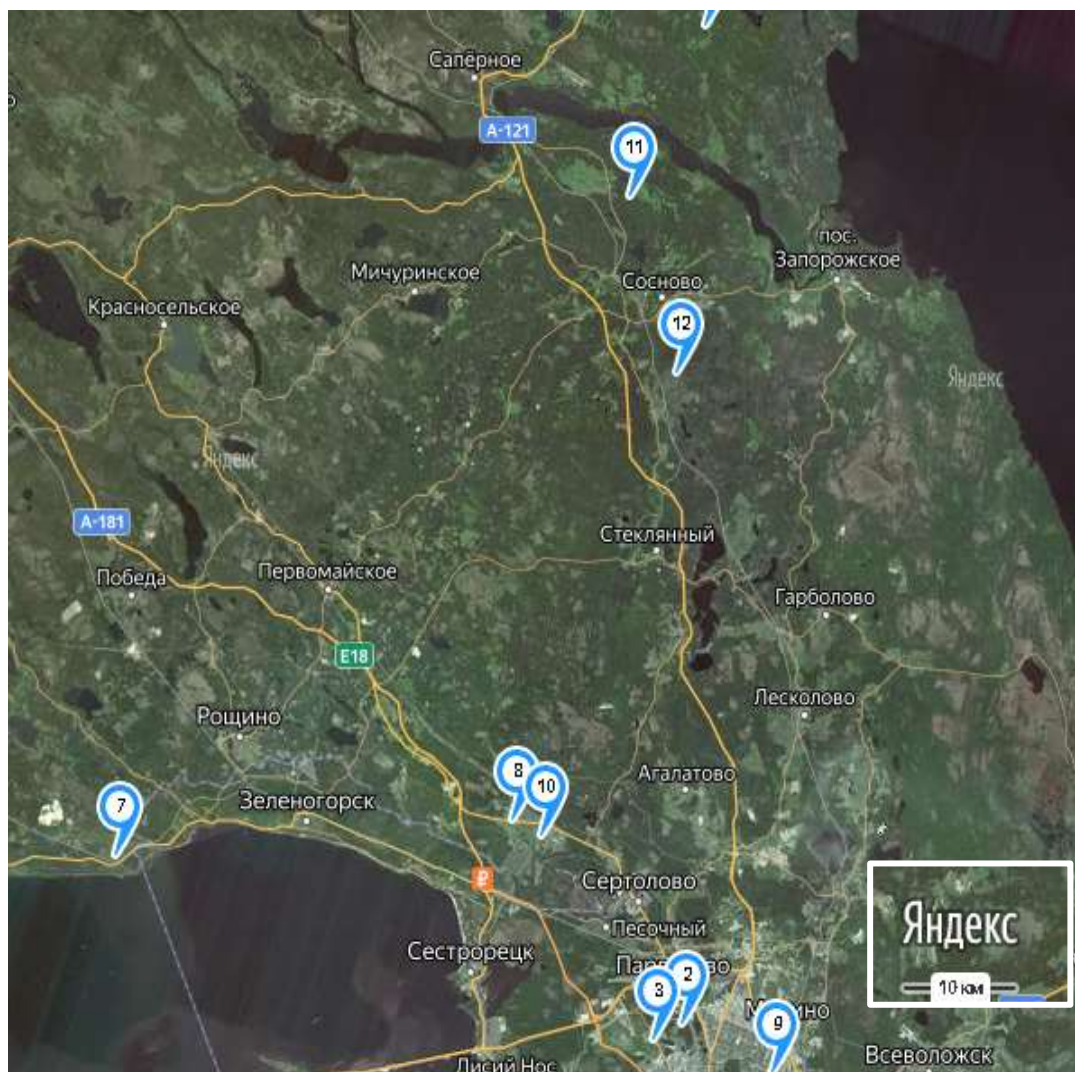
- Группа ВКонтакте «Речные контролёры», [Электронный источник]: <https://vk.com/club196539857> (дата обращения 24.12.2020)
- Яндекс.Карты – поиск мест и адресов, городской транспорт, [Электронный источник]: <https://yandex.ru/maps/-/CCUA4HFCXC> (дата обращения 24. 12. 2020)

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 2. Гидрологические характеристики исследованных ВОДОТОКОВ

№	Название водотока	Антропогенная нагрузка	Местность в районе отбора проб	Грунт	Наличие бытового мусора	Скорость течения, м/с	Объём стока, л/с
2	Без названия (приток реки Чёрная)	-	Лес	Глина, песок, лиственной опад	+	0,0034	0,4385
1	Верхнее течение реки Каменки	+	Смешанный лес, стройка	Песок, камни, коряги	+	2,5	360
3	Ржавый ручей	+	Поле, выше по течению - лес, недалеко от истока – заболоченное поле	Ил, песок	-	0,009(у истока) - 0,1	18
4	Река Мойка	+	Лес, мостик к СНТ "Факел", дачные домики	Песок	-	0,2	120
5	Тёткин ручей	-	Лес, мостик от СНТ "Трибное"	Песок, глина	-	0,2	300
6	Ручей Стрельный	+	Лес, луг	Песок, глина	-	0,42	-
7	Река Приветная	+	Поле, лес, недалеко - посёлок	Песок	+	0,23	-
8	Пасторский ручей	-	Шоссе и дачные участки	Песок	+	-	-
9	Муринский ручей	+	Муринский парк	Ил, камни	+	0,5	-
10	Серебряный ручей	-	Лес	Глина, песок	+	0,5	-
11	Река Петровка	+	Лес	Ил, детрит	+	0,9	-
12	Ручей Козлец	+	Лес	Ил, песок	+	0,27	-
13	Яблоновский ручей	+	Лес, дорога	Ил, детрит, песок	-	0,35	-
-	Ушковский ручей	+	Шоссе, залив, лес	Камни, детрит, лиственной опад	+	1,34	502,5

Рисунок 2.1-2.3. Расположение точек отбора проб участниками программы «Речные контролёры» (июль, 2020) на малых водотоках г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области



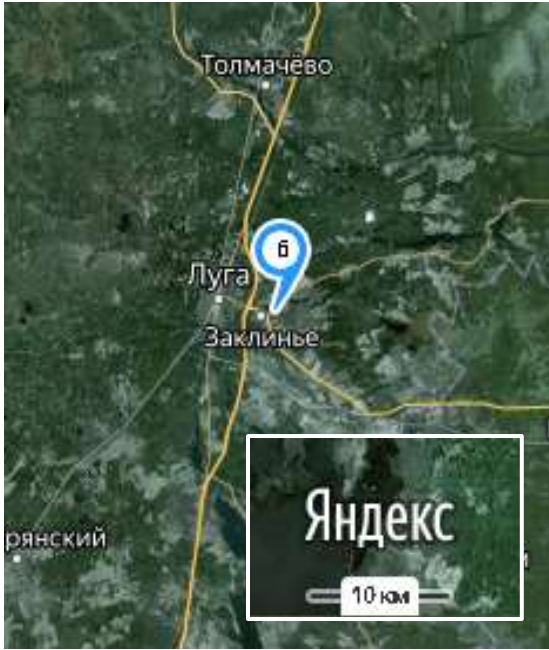
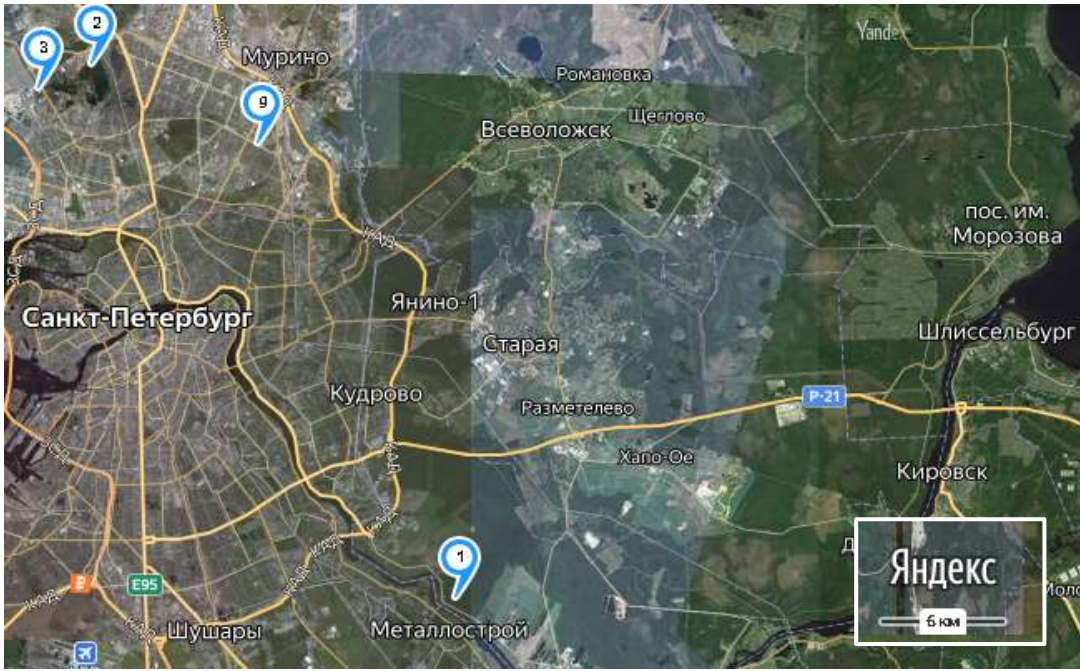


Рисунок 3. Исследование участником программы «Речные контролёры» ручья Стрельного. Фотография Елены Насоновой



Рисунок 4. Разбор проб участником программы «Речные контролёры». Фотография Михаила Мачса



Рисунки 5-8. Индикаторные виды: *Nemouridae*, *Nemoura* sp.; *Simuliidae* Gen.sp.; *Limnephilidae*, *Stenophylax/Potamophylax* sp., *Chaetopteryx* sp.

