

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды
«Открытия 2030»

**ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЛИЧИНОК ЕВРОПЕЙСКОЙ РУЧЬЕВОЙ МИНОГИ
В РЕКЕ ТЕГЕ (КОСТРОМСКАЯ ОБЛАСТЬ) ВО ВЗАИМОСВЯЗИ
С УСЛОВИЯМИ МЕСТООБИТАНИЯ: НОВЫЕ ДАННЫЕ
К МОНИТОРИНГУ КРАСНОЙ КНИГИ**

Костромская область, г. Кострома

Автор:

ПЛЕСКЕВИЧ Арина Владимировна,
10 класс МБОУ города Костромы "Гимназия
№ 28"

Научный руководитель:

АНЦИФЕРОВ Анатолий Леонидович,
кандидат биологических наук,
педагог дополнительного образования
ГБУДО КО ЭБЦ «Следово» им. Ю.П.
Карвацкого.

КОСТРОМА
2020

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	2
Глава 1. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА.....	3
1.1. Условия сбора фактических данных.....	3
1.2. Камеральная обработка и анализ данных.....	4
Глава 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	6
2.1. Общие сведения о биологии, распространении и численности европейской ручьевой миноги в Костромской области.....	6
2.2. Характер донных условий исследуемого участка русла	8
2.3. Таксономический состав и плотность зообентоса в исследуемом участке русла реки Теги.....	8
2.4. Пространственное распределение зообентоса на площади речного дна по данным общей численности и видового богатства.....	9
2.5. Особенности пространственной локализации европейской ручьевой миноги в исследуемом отрезке русла реки Теги.....	10
ВЫВОДЫ.....	13
ЛИТЕРАТУРА.....	13

ВВЕДЕНИЕ

Европейская ручьевая минога (*Lampetra planeri* (Bloch, 1784)) занесена в Красную книгу Костромской области в статусе 3-й категории – редкий вид (Красная книга ..., 2019), а также, в Красные книги соседних Ивановской, Ярославской, Кировской и Нижегородской областей; внесена в приложение 2 Бернской конвенции (Конвенция об охране дикой фауны и флоры, и природных сред обитания в Европе). *Lampetra planeri* – единственный представитель класса миног (Cephalaspidomorphi), встречающийся на территории Костромской области. Это малочисленный, крайне чуткий и требовательный вид к чистоте речной воды, что делает его эффективным инструментом в биоиндикации. Данные о численности и распространении ручьевой миноги в границах Костромской области крайне недостаточны, а сведения о пространственной ориентации или локализации внутри речных биотопов в научной литературе практически отсутствуют. В данных обстоятельствах, работа по изучению экологических закономерностей распространения и условий обитания этого вида, имеет важное значение, как для мониторинга краснокнижных видов, так и для проектирования особо охраняемых природных территорий (ООПТ), что содержит несомненную природоохранную ценность.

Важно также отметить, что, сведения, изложенные в настоящей работе, существенно дополняют базу данных о точках местообитаний и численности европейской ручьевой миноги в Костромской области и уже использованы в новом издании региональной Красной книги (Красная книга ..., 2019).

Пространственное распределение является важной характеристикой как абиотических, так и биотических (животное население) компонентов среды и их свойств (Покаржевский и др., 2007). Установлено, что донные организмы и детрит, составляющие кормовую базу для личинок европейской ручьевой миноги, не распределяются по площади дна абсолютно равномерно (Анциферов, Плескевич, 2019). Мозаичность (пятнистость) размещения

популяций бентосных организмов сильно зависит от изменчивости характера донной поверхности (включения песка, гравия, ила, отложений детрита и т. п.), что, в свою очередь, может влиять на особенности локального распределения личинок миноги в пространстве речного дна.

Таким образом, **целью** настоящей работы стало изучение закономерностей локализации личинок европейской ручьевой миноги в зависимости от характера грунта, пространственного размещения и плотности бентосных организмов и отмершей органики на участке приустьевого отрезка русла реки Теги.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Отлов, учет и определение представителей зообентоса реки Теги на приустьевом участке и выявление в его составе личинок европейской ручьевой миноги;
2. Оценка качественных показателей грунта, сапробности и биотических условий в границах исследуемого участка;
3. Выявление типа пространственного распределения зообентоса и точек локализации личинок миноги;
4. Установление взаимосвязи между пространственной локализацией личинок миноги и качеством условий их местообитаний.

Глава 1. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

1.1. Условия сбора фактических данных

Отбор проб производился в летний период 2018 года на отрезке русла реки Теги длиной ≈ 600 м. Станции отбора проб (в количестве 12 гидрометрических створов) располагались равномерно, через 50 м друг от друга в направлении от места впадения водотока р. Теги в р. Нерехту (1 станция), и далее в верх по течению (рис. 1).

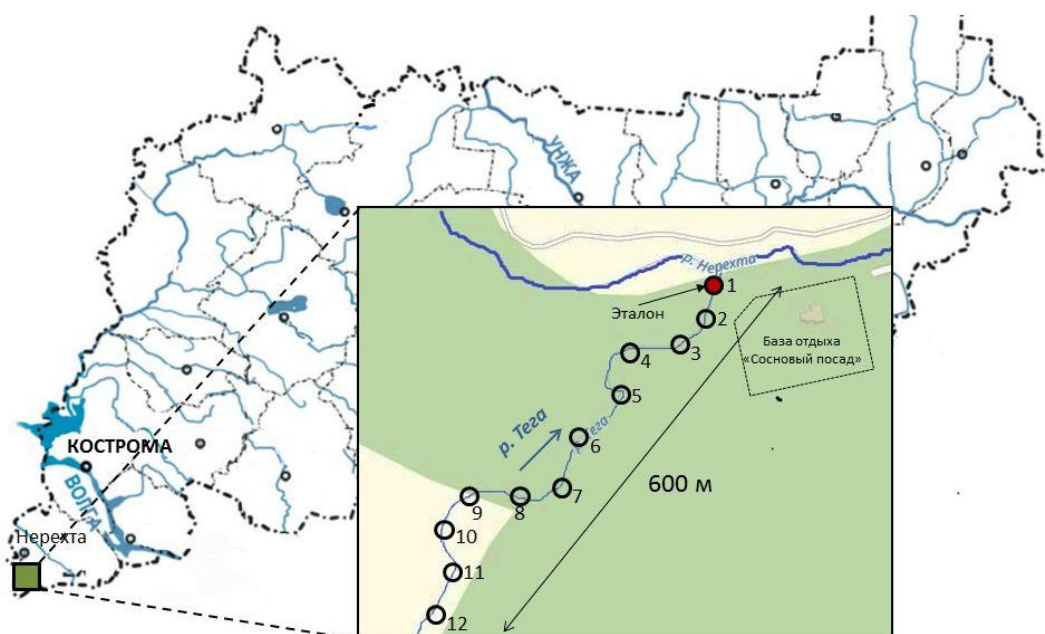


Рис. 1. Схема расположения створов (станции отбора проб)

На каждой станции пробы отбирались по всей ширине створа в трех участках поперечного сечения водотока: у правого берега, по центру створа и у левого берега по схеме, указанной на рис. 2. Таким образом, в общей сложности пробы отбирались в 36 квадратах исследуемой площади речного дна.

Отлов бентосных беспозвоночных производился с использованием стандартного сачка-промывалки и донного скребка (Голуб и др., 2012;

Лобуничева и др., 2013), что позволяет оценить численность и состав обитателей водоема и вполне соответствует задачам полевых исследований.



Рис. 2. Схема исследуемого участка русла реки с разделением на квадраты отбора проб

После промывания материал переносился в лоток, подвергался выборке пинцетом и помещался в емкости: стеклянные герметичные банки. Банки маркировались. Экземпляры зообентоса, не определяемые на месте, фиксировались раствором спирто-глицериновой смеси для последующего определения в лаборатории. Личиночные особи ручьевой миноги после учетов возвращались в водоем.

На каждой станции отбора проб производилось краткое описание характера грунта (табл. 1). В качестве эталонного участка русла выбрана 1-я станция отбора проб, так как, предположительно, в зоне слияния водотоков двух разных рек возможны наиболее оптимальные условия для высоких значений обилия и видового богатства зообентоса.

1.2. Камеральная обработка и анализ данных

Определение пойманных экземпляров производилось с использованием определительных таблиц Б. М. Мамаева (1972), М. В. Чертопруд, Е. С. Чертопруд (2011), М. В. Маюровой (2016).

В качестве меры зависимости плотности пескороек в местах их локализации от факторов среды обитания применялся коэффициент

линейной корреляции (r) Спирмена с использованием пакета прикладных программ «STATISTICA 10» (Шитиков и др., 2003; Ивантер, Коросов, 2005; Буреева, 2007; Боровиков, 2013). Принято считать, что при $r \leq 0,25$ – корреляция слабая, $0,25 < r \leq 0,75$ – умеренная, $r > 0,75$ – сильная (Реброва, 2003).

Для установления типа размещения бентосных организмов на площади дна речного переката применялся коэффициент агрегированности (дисперсии) (Index of dispersion, ID):

$$ID = S^2 / \bar{x}$$

где S^2 - дисперсия; \bar{x} – среднее.

При случайном распределении ID равен 1, при агрегированном он выше 1, при равномерном – ниже 1 (Покаржевский и др., 2007). Расчет индекса ID производился в программном пакете «PASSaGE 2» (Rosenberg, Anderson, 2011).

Для изображения пространственного распределения сообществ бентосной фауны применялась графическая визуализация в виде карт линий уровней, выполненных с использованием пакета прикладных программ «STATISTICA 10».

Для оценки уровня загрязненности воды в исследуемых участках реки применялся биотический показатель из числа рекомендованных Европейской Рамочной Водной Директивой (WFD)¹ – TBI , Trent Biotic Index (индекс Вудивисса) (Шитиков и др., 2003). Установлено, что данный индекс обладает наибольшим постоянством и является одним из наиболее информативных и надежных методов для оценки качества вод малых рек (Головатюк, Зинченко, 2011; Зинченко и др., 2011). Индекс TBI до настоящего времени является одним из основных в системах биоиндикации различных стран, в том числе стран СНГ (Семенченко, 2004).

¹ Европейская рамочная директива (WFD) принята в 2000 году и дала существенный толчок развитию и совершенствованию систем биоиндикации в странах ЕС. Этот документ регламентирует подходы в политике охраны, использования и управления водными ресурсами.

Глава 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Общие сведения о биологии, распространении и численности европейской ручьевой миноги в Костромской области

Согласно современной систематике Европейская ручьевая минога (*Lampetra planeri* (Bloch, 1784)) относится к семейству Миноговых (Petromyzonidae), отряду Миногообразных (Petromyzoniformes), классу миног (Cephalaspidomorphi). Весь ее жизненный цикл проходит в реке. В отличие от многих других видов миног, европейская ручьевая минога является полностью не паразитическим видом. Размножаются на глубоких участках реки с быстрым течением и галечниковым грунтом. Нерестится с середины мая до середины июня. Некоторые особи у нее достигают половозрелости и приступают к размножению еще в личиночной стадии, т. е. им свойственна неотения. Личинки миног – пескоройки – настолько отличаются от взрослых животных, что в течение длительного времени их выделяли в самостоятельный род. У пескороек глаза недоразвиты, четырехугольное ротовое отверстие сверху прикрыто верхней губой. На нижней поверхности губы и вокруг ротового отверстия расположено множество разветвленных ворсинок. Наружные жаберные отверстия треугольной формы. Окраска личинок варьирует от желто-белой до темно-серой (рис. 3).

Личинки (пескоройки) предпочитают слабопроточные, заиленные участки водоёма с мягким грунтом и отложениями растительных остатков на дне, где ведут скрытый образ жизни, зарываются в грунт. Питаются детритом и мелкими бентосными организмами. По способу питания они внутренние фильтраторы водяного тока. В возрасте 4-5 лет пескоройки претерпевают метаморфоз – превращаются во взрослых миног, которые в дальнейшем не питаются, используя накопленные жировые запасы, и умирают после размножения. Промыслового значения европейская ручьевая минога не имеет (Жизнь животных ..., 1971).

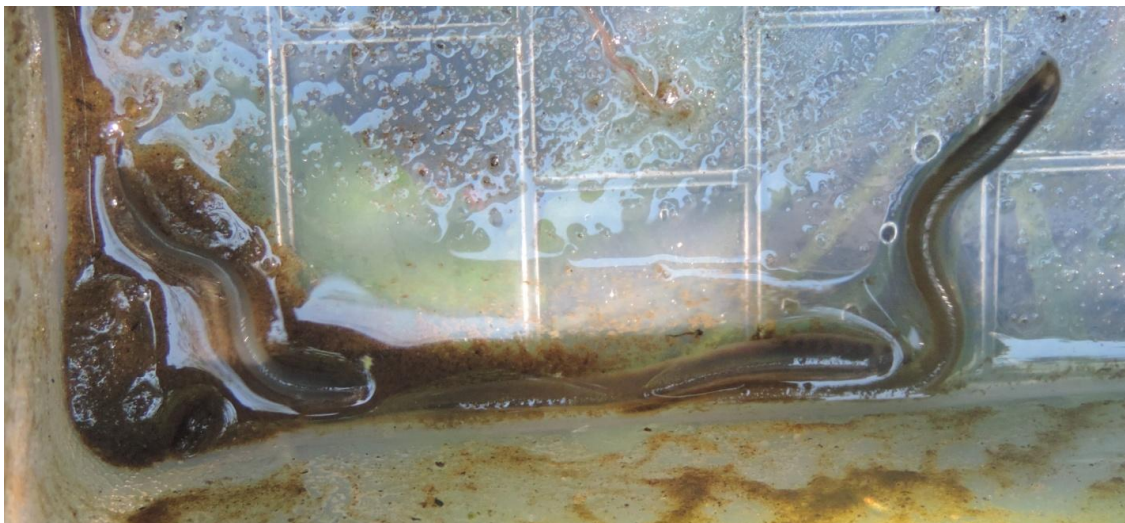


Рис. 3. Личинки ручьевой миноги в пробе зообентоса

Европейская ручьевая минога широко распространена во многих реках Европы, в основном, Балтийского бассейна и соседних морей. В России встречается в бассейне Верхней и Средней Волги, а также в бассейне Оки, в Чудском и Псковском озерах, в реках Финского залива (Зайцев, 2006).

На территории Костромской области встречается неравномерно в реках: Сеха, Нелка, Нельша (Кологривский р-н), в Покше и её притоках (Судиславский р-н), Теге (Нерехтский р-н), Шаче (Костромской р-н), в реке Костроме (Буйский район) (Красная книга ..., 2019) – рис. 4.

Численность миноги в регионе не высокая, встречается единично или по 2-3 особи (в пробах бентоса), на каменистых перекатах в мае-июне наблюдаются крупные (более 100 особей) брачные агрегации.

Вид служит биологическим индикатором экологического состояния водоёма.

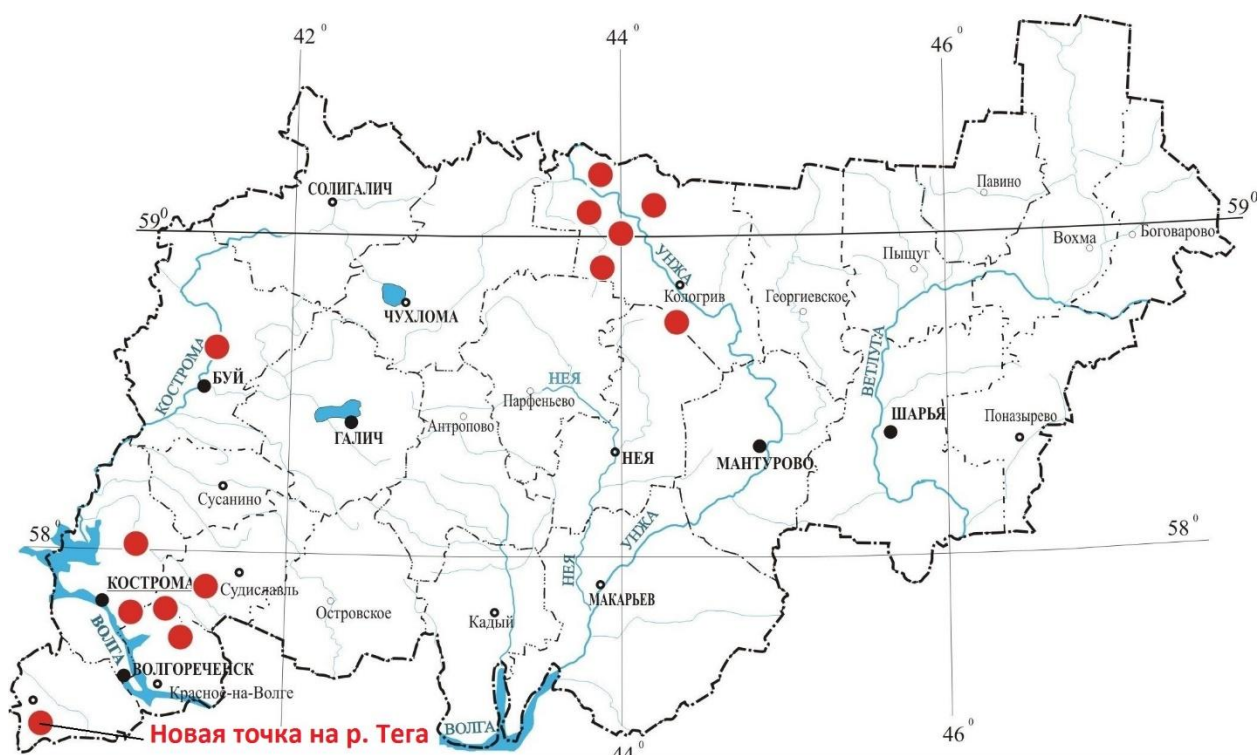


Рис. 4. Точки местообитаний европейской ручьевой миноги на территории Костромской области (Красная книга Костромской области, 2019)

2.2. Характер донных условий исследуемого участка русла

Разнообразие донных условий (структура грунта, наличие органических остатков, детрита и др.) отражено в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика донных условий реки Теги в станциях отбора проб

№ ст.	Зона в попереч. сечении*	Характер грунта	№ ст.	Зона в попереч. сечении*	Характер грунта
1	П	Песчано-илистый с детритом	7	П	Песчано-илистый
	Ц	Песчаный		Ц	Песчано-каменистый
	Л	Илисто-песчаный с детритом		Л	Речная галька с илом
2	П	Песчано-илистый	8	П	Песчано-илистый
	Ц	Песчаный		Ц	Песчаный
	Л	Песчано-илист. с древесн. опадом		Л	Песчано-илист. с включением юрской глины
3	П	Илисто-песчаный	9	П	Песчано-илистый
	Ц	Песчаный		Ц	Песчано-каменистый
	Л	Песчано-илистый		Л	Песчано-илистый с детритом
4	П	Илисто-песчаный	10	П	Песчано-илистый с галькой
	Ц	Песчаный		Ц	Песчано-каменистый с галькой
	Л	Песчано-илистый		Л	Песчано-илистый

5	П	Илисто-песчаный	11	П	Илисто-песчаный
	Ц	Каменисто-песчаный		Ц	Песчано-илистый
	Л	Илисто-песчаный		Л	Илисто-песчаный
6	П	Песчано-каменистый	12	П	Песчано-илистый
	Ц	Песчано-каменистый		Ц	Песчанный
	Л	Песчано-каменистый		Л	Песчанный с детритом

*Условные обозначения: П – зона у правого берега, Ц – зона в центре русла, Л – зона у левого берега.

2.3. Таксономический состав и плотность зообентоса в исследуемом участке русла реки Теги

Всего в исследуемой зоне русла реки Теги отловлено и учтено **1132** экземпляра бентосных организмов, относящихся к **46** видам из 5 таксономических классов (рис. 5; табл. 1 приложения).

Господствующим классом в сообществе беспозвоночных реки Покши являются насекомые (Insecta) – 27 видов (60% от общего количества видов). Прочие классы животных значительно уступают насекомым по разнообразию видов, которое не превышает 12 видов (17,8%) у брюхоногих моллюсков (Gastropoda).

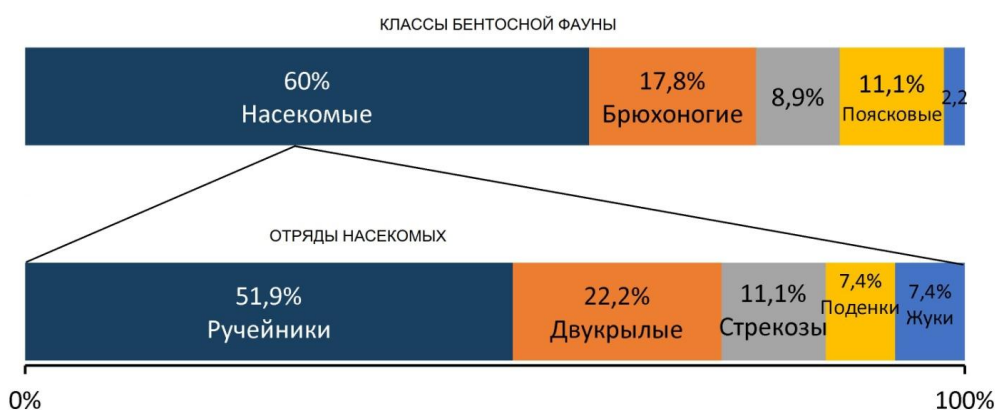


Рис. 5. Таксономический состав бентосной фауны в исследуемой зоне реки Теги

Класс насекомых, в свою очередь, представлен 5 отрядами (рис. 5). При этом отряд ручейников (Trichoptera) значительно превосходит все остальные отряды по видовому богатству – 14 видов (51,9% от общего количества видов насекомых). Остальные отряды включают от 2 до 6 видов.

Плотность особей зообентоса в указанном участке реки крайне нестабильна в разных пробных точках и колеблется в значениях от 1 до 89 экземпляров.

2.4. Пространственное распределение зообентоса на площади речного дна по данным общей численности и видового богатства

По результатам вычисления индекса агрегированности (ID) для общей численности и видового богатства выявлен резко агрегированный (пятнистый) тип пространственного распределения: $ID = 18,46059$ ($p < 0,05$) и $ID = 2,55029$ ($p < 0,05$) соответственно.

Размещение пятен концентрации зообентоса по площади речного русла, как по общей численности, так и по количеству видов имеет отчетливые закономерности. Основная масса особей бентосной фауны сосредоточена в прибрежных зонах русла, наиболее богатых детритом, иловыми отложениями и характеризующихся меньшей скоростью водного потока и, как следствие, лучшим прогревом воды (рис. 7).

Центральный промежуток русла, характеризующийся большей скоростью течения, песчаным или песчано-каменистым грунтом, отличается низкой плотностью населения зообентоса и малым разнообразием видов. Основу зообентоса здесь, как правило, составляют псаммореофильные и литореофильные виды организмов, населяющие промытый песок, камни на перекатах, древесный и прочий субстрат: поденки рода *Baetis*, *Heptagenia*, ручейники (Trichoptera), улитковые пиявки (*Glossiphonia complanata*), моллюски Горошинка речная (*Pisidium amnicum*), шаровка (*Musculum sp.*) и др.

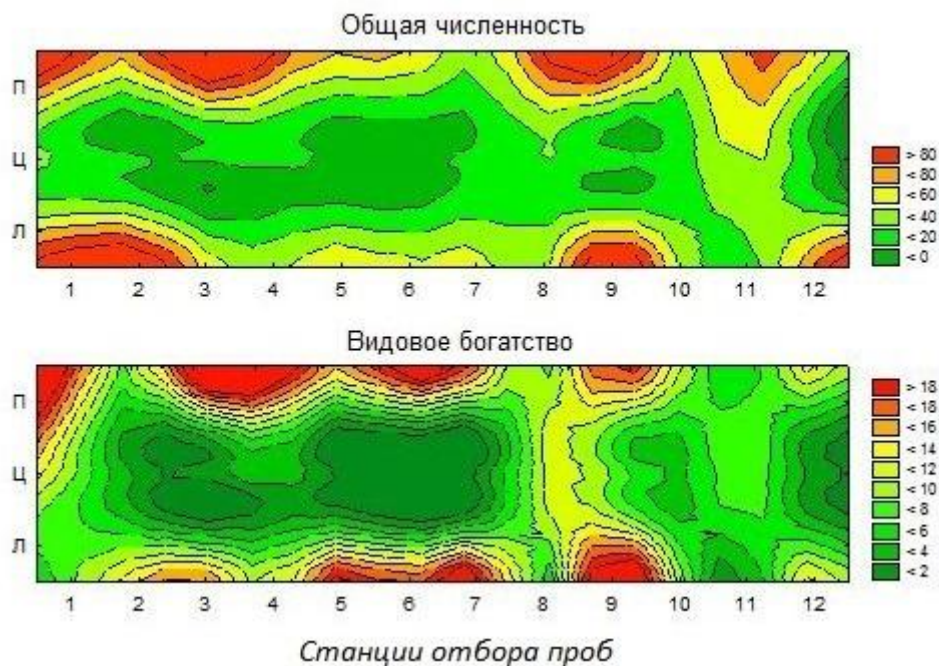


Рис. 7. Фоновые картограммы пространственного распределения зообентоса на площади речного дна по данным общей численности и видового богатства (условные обозначения: П – зона у правого берега, Ц – зона в центре русла, Л– зона у левого берега)

На устьевом участке (1-я станция), на 9-й и 12-й пробных станциях, благодаря скоплению массы детрита в границах всей ширины русла, плотность особей и видов зообентоса высокая по всему створу (рис. 7). Высокую численность зообентоса здесь определяют дождевой червь 4-гранный (*Eiseniella tetraegra*) и бекасница (*Chrysopilus auratus*).

2.5. Особенности пространственной локализации европейской ручьевой миноги в исследуемом отрезке русла реки Теги

Всего в период исследований (июль 2018 г.) в указанном участке русла реки Теги отловлено 27 особей ручьевой миноги, находящихся в стадии личинки. Экземпляры этого вида отловлены в 13 учетных квадратах исследуемого отрезка русла, т. е. в половине из всех учетных точек (табл. 2).

Характер распространения миноги по площади речного русла проиллюстрирован на рисунке 8. В пространственном распределении

личинки европейской ручьевой миноги отмечается резко агрегированный характер ($ID = 2,5$).

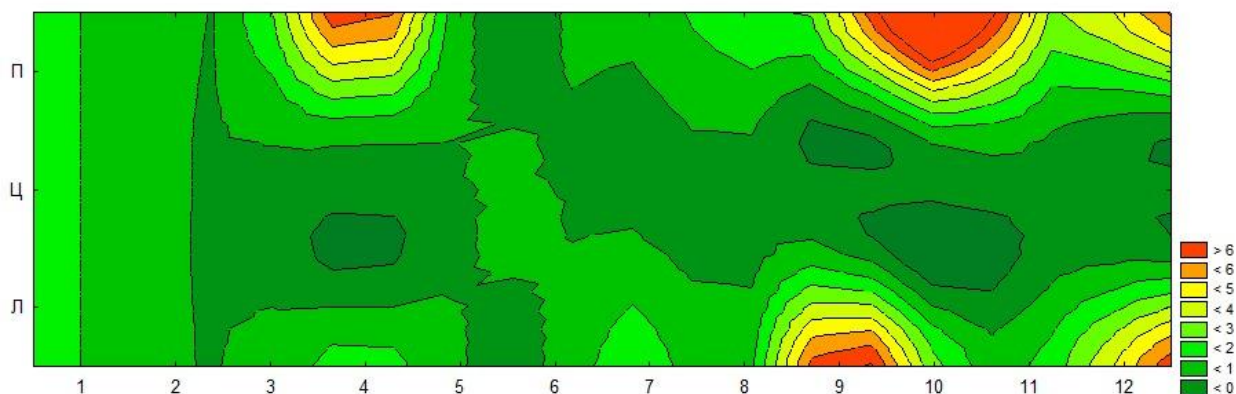


Рис. 8. Фоновая картограмма пространственного распределения ручьевой миноги на площади речного дна реки Теги в исследуемом отрезке русла (условные обозначения: как в табл. 1)

Таблица 2

Локализация личинок миноги в соотношении с показателями плотности бентоса и сапробности

Створ	Продольные зоны русла								
	Левобережная			Центральная			Правобережная		
	Личинок, экз.	Плотность бентоса	<i>TBI</i>	Личинок, экз.	Плотность бентоса	<i>TBI</i>	Личинок, экз.	Плотность бентоса	<i>TBI</i>
1	1	57	5	1	23	6	1	69	5
2	0	70	6	0	8	1	0	29	4
3	0	16	5	0	9	5	1	89	7
4	0	13	2	0	10	5	4	56	6
5	0	27	2	0	1	4	0	28	2
6	0	17	2	0	1	0	0	31	6
7	1	30	6	0	7	4	0	12	6
8	0	21	5	0	24	6	1	67	6
9	4	67	6	0	14	5	1	66	6
10	0	24	5	0	12	5	6	20	6
11	0	20	2	0	44	5	2	72	2
12	2	42	2	0	6	4	2	24	2

В центральной зоне русла минога отсутствует. Исходя из вышеизложенного можно сделать предположение о том, что данный вид (в личиночной стадии) придерживается участков русла с более спокойным течением и теплой водой, т. е. ближе к берегам. Особенности состава грунта для личинок ручьевой миноги имеют определенное значение. Пескоройки не встречаются в песчаном грунте, если в нем отсутствуют органические

примеси в виде иловых отложений или детрита, а также в каменисто-песчаных и галечниковых фракциях.

Таким образом, важным условием для обитания личинок европейской ручьевой миноги является наличие разлагающихся органических отложений в виде ила или детрита, скапливающихся, как правило, в периферийных зонах русла со спокойным течением.

Взаимосвязь локализации пескороек с биотическим фактором, таким, как плотность населения зообентоса и накоплением отмершей органики проявляется с разной силой корреляции. Коэффициент корреляции Спирмена в обоих случаях положительный, однако степень плотности (агрегированности) пескороек слабо коррелирует с показателем ТВІ ($r = 0,22$), тогда как с показателем плотности зообентоса корреляция квалифицируется уже как умеренная ($r = 0,38$) – рис. 9.

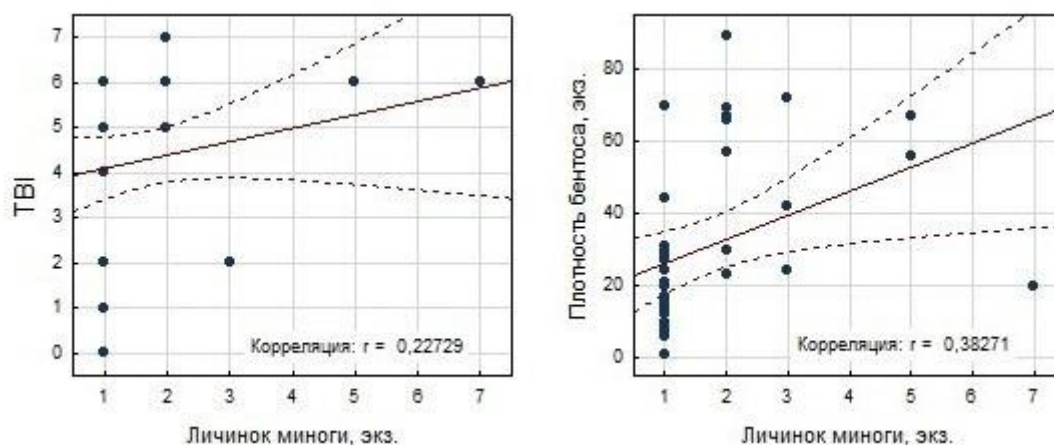


Рис. 9. Взаимозависимость показателей плотности пескороек от индекса сапробности и плотности организмов зообентоса

Таким образом, среди рассматриваемых факторов, при общей положительной тенденции, наибольшее значение для локализации личинок европейской ручьевой миноги имеет биомасса зообентоса, нежели объем отмершей органики в реке.

ВЫВОДЫ

Из вышеизложенных результатов работы можно предположить следующие выводы.

1. Личинки европейской ручьевой миноги локализуются в пространстве речного дна не равномерно, образуя отчетливые пятна скоплений в строго определенных участках русла.

2. Важнейшим условием для распределения пескороек на площади речного дна является наличие разлагающихся органических отложений в виде ила или детрита, скапливающихся, как правило, в периферийных зонах русла со спокойным течением.

3. Степень плотности пескороек в местах локализации положительно зависит от факторов сапробности и плотности организмов зообентоса, при этом, в большей степени, от последнего.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анциферов А.Л., Плескевич А.В. Пространственная организация бентосной фауны в продольно-поперечном сечении приустьевой зоны реки Теги (Костромская область) // Грани познания. Электронный научно-образовательный журнал ВГСПУ. 2019. № 6. Вып. 65. С. 25-31.

2. Боровиков В.П. Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA. Учебное пособие для вузов. М.: Горячая линия-Телеком, 2013. 288 с.

3. Буреева Н.Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП «STATISTICA». Нижний Новгород, 2007. 112 с.

4. Головатюк Л.В., Зинченко Т.Д. Сравнительный анализ биотических индексов и метрик в оценке качества воды малых рек бассейна нижней Волги // Экология малых рек в XXI веке: биоразнообразие, глобальные изменения и восстановление экосистем. Тезисы докладов Всеросс. конф. с междун. уч-ем (г. Тольятти, 5-8 сентября 2011 г.). Тольятти: Кассандра, 2011. с. 37.

5. Голуб В.Б., Цуриков М.Н., Прокин А.А. Коллекции насекомых: сбор, обработка и хранение материала. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 339 с.

6. Жизнь животных в 6 томах. Том 4, часть 1. Рыбы / под ред. проф. Т. С. Расса. М.: Просвещение, 1971. С. 20-24.

7. Зайцев В.А. Позвоночные животные северо-востока Центрального региона России. Виды фауны, численность и ее изменения. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2006. 513 с.

8. Зинченко Т.Д., Розенберг Г.С., Абакумов Е.В. и др. Особенности пресноводных экосистем малых рек Волжского бассейна / Под ред. Г. С. Розенберга, Т. Д. Зинченко. Тольятти: Кассандра, 2011. 322 с.

9. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Элементарная биометрия: Учебное пособие. Петрозаводск: ПетрГУ, 2005. 104 с.

10. Красная книга Костромской области / науч. ред. М. В. Сиротина, А. Л. Анциферов, А. А. Ефимова. 2-е изд., перераб. и доп. Кострома: Костромской государственной университет, 2019. С. 299.
11. Лобуничева Е.В., Борисов М.Я., Филоненко И.В., Филиппов Д.А. Оценка экологического состояния малых водоёмов: учебное пособие. Вологда, 2013. 218 с.
12. Мамаев Б.М. Определитель насекомых по личинкам. М.: Просвещение, 1972. 400 с.
13. Маюрова М.В. Атлас-определитель пресноводных беспозвоночных Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Сургут: МБОУ ДО СЮН, 2016. 89 с.
14. Покаржевский А.Д., Гонгальский К.Б., Зайцев А.С., Савин Ф.А. Пространственная экология почвенных животных. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. 174 с.
15. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. М.: МедиаСфера, 2003. 312 с.
16. Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Мн.: Орех, 2004. 125 с.
17. Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 219 с.
18. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
19. Rosenberg M.S., Anderson C.D. PASSaGE: Pattern Analysis, Spatial Statistics and Geographic Exegesis. Version 2. *Methods in Ecology & Evolution* 2(3). 2011. P. 229-232.