

3. Соловьевников, И.А. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) Белорусского Поозерья. С каталогом видов жужелиц Беларуси и сопредельных государств / И.А. Соловьевников. Витебск: УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2008. – 325 с. <https://rep.vsu.by/handle/123456789/46406>.
4. Renconnen O. Statistisch – ökologisch Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore / O. Renconnen // Ann. Zool. Soc.-Bot. Fenniae. Vanamo, 1938. Bd. 6, ti 1. – S. 231.
5. Шарова, И.Х. Жизненные формы жужелиц (Coleoptera, Carabidae) / И.Х. Шарова. – М., 1981. – 360 с.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ СУБСТРАТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД РЕКИ ЛУЧЕСА ПО ФИТОПЕРИФИТОННЫМ СООБЩЕСТВАМ**

*Седловская П.Ю.*

*студентка 4 курса ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель – Литвенкова И.А., канд. биол. наук, доцент*

**Ключевые слова.** Фитоперифитон, биоиндикация, искусственные субстраты, индекс сапробности Пантле-Букка, река Лучеса, антропогенное воздействие, диатомовые водоросли, качество воды.

**Keywords.** Phytoperiphyton, bioindication, artificial substrates, Pantle-Buck saprobity index, Luchosa River, anthropogenic impact, diatoms, water quality.

Витебская область, входящая в состав Белорусского Поозерья, сосредотачивает до 80% водных ресурсов Беларуси. Реки в черте города Витебска, включая Лучесу, подвержены комплексному влиянию урбанизированной среды: бытовым стокам, поверхностному смыву с территорий, воздействию транспорта. Классические гидрохимические методы, фиксируя состояние воды на момент отбора пробы, не всегда позволяют выявить кумулятивное и периодическое воздействие. В отличие от них, методы биоиндикации, основанные на реакции сообществ гидробионтов на долгосрочные изменения среды обитания, являются интегрирующим и эффективным инструментом для оценки экологического состояния водотоков. Одним из таких методов является изучение фитоперифитона – сообщества водорослей, обрастающих различные субстраты. Использование искусственных субстратов (предметных стекол) позволяет стандартизировать условия и получить сопоставимые количественные и качественные данные. Целью данной работы была сравнительная оценка экологического состояния реки Лучеса на участке в черте города Витебска и за его пределами с использованием метода фитоперифитона на искусственных субстратах и последующим расчетом индекса сапробности Пантле-Букка.

**Материал и методы.** Исследования проводились в период с 1 июля по 30 августа 2025 года на реке Лучеса, левом притоке Западной Двины. Было выбрано две станции отбора проб, репрезентативно отражающие разные условия: Стация 1 (контрольная) – расположена за чертой города Витебска, вблизи деревни Селюты. Данный участок характеризуется отсутствием непосредственного антропогенного прессинга (промышленные предприятия, жилая застройка), берега покрыты густой травянистой растительностью и древесной порослью (ольха, ива, береза, липа). Стация 2 (городская) – расположена в черте города Витебска, в районе улицы 4-й Крупской. Участок испытывает заметное антропогенное влияние: близко проходят железнодорожные пути, имеются частные домовладения, берега изрезаны овражистыми поймами, служащими стоком для ливневых вод.

В качестве искусственных субстратов использовались стандартные предметные стекла. Их погружение в воду проводилось с помощью специальных держателей из пенопласта, закрепленных на зажоренном тросе. Глубина экспозиции составляла примерно 0,5 метра от поверхности воды. Экспозиция стекол на каждой станции

проводилась дважды в течение 10 суток для получения репрезентативных данных. После извлечения стекла осторожно, не допуская смыва обрастваний, помещались в индивидуальные емкости с водой из соответствующего участка реки для транспортировки в лабораторию.

Лабораторная обработка проб включала просмотр живого материала под световым микроскопом «Микромед-1» с использованием объективов x4, x10, x20 и USB-видеонасадки для документирования результатов. Идентификация видов-индикаторов фитоперифитона проводилась с помощью современных определителей. Для каждого выявленного вида оценивалась частота встречаемости (h) по 9-балльной глазомерной шкале Кордэ (от 1 – единично, до 9 – очень часто). Для количественной оценки уровня органического загрязнения был применен индекс сапробности Пантле-Букка:  $S = \Sigma(s \cdot h) / \Sigma h$ , где s – индикаторная значимость вида (значение сапробности, взятое из таблиц-приложений), h – балл встречаемости вида в пробе.

**Результаты и их обсуждение.** Проведенный микроскопический анализ проб выявил значительные различия в качественном и количественном составе индикаторных организмов фитоперифитона на двух исследованных станциях.

На стации 1 (за городом) в пробах было идентифицировано 6 индикаторных таксонов. Доминирующими видами (обилие 5-8 баллов), формирующими руководящий комплекс, были *Cumatopleura elliptica* и *Melosira varians*. Нередко (обилие 3 балла) встречались *Fragilaria capucina* и *Oscillatoria limnetica*. Редко (обилие 1 балл) отмечались такие чувствительные к загрязнению виды, как *Gomphonema angustatum* и *Pleurosigma angulatum*. Наличие последних, а также преобладание видов с низкими значениями индикаторной значимости указывало на благоприятную экологическую обстановку. Расчет индекса сапробности для данной станции дал значение  $S = 1,64$ , что соответствует β-мезосапробной зоне (чистые воды).

На стации 2 (в черте города) таксономический состав оказался иным и показательным. Также массово встречалась *Cumatopleura elliptica*, но исчезли чувствительные олигосапробные виды (*Gomphonema angustatum*). Вместо них в сообществе появились и заняли значительную долю виды, более толерантные к органическому загрязнению. Массово (обилие 7 баллов) встречалась *Gomphosphaeria lacustris*. Часто (обилие 5 баллов) отмечался *Monoraphidium arcuatum*. Кроме того, хотя и единично (обилие 1 балл), был обнаружен вид *Cumatopleura solea*, являющийся индикатором более грязных β-α-мезосапробных вод. Полное отсутствие олигосапробных видов и появление индикаторов, устойчивых к загрязнению, свидетельствует о возросшей нагрузке на экосистему реки. Расчет индекса сапробности для городской станции подтвердил это: значение составило  $S = 2,0$ , что соответствует β-мезосапробной зоне, но уже на границе с более загрязненными условиями.

Сравнительный анализ полученных результатов четко демонстрирует негативное влияние городской среды на экологическое состояние реки Лучеса. Повышение индекса сапробности с 1,64 до 2,0 свидетельствует о возросшем уровне органического загрязнения. Однако, поскольку значение индекса осталось в пределах β-мезосапробной зоны и не приблизилось к α-мезосапробной (сильно загрязненные воды) или полисапробной (очень грязные воды), можно заключить, что уровень воздействия является умеренным. Характер индикаторных видов (отсутствие типичных полисапробов) указывает на то, что загрязнение носит, скорее всего, бытовой, а не промышленный характер. Основными источниками, вероятно, являются поверхностный сток с урбанизированных территорий и, возможно, неорганизованные бытовые стоки.

**Заключение.** Таким образом, применение метода фитоперифитона на искусственных субстратах в комплексе с расчетом индекса сапробности Пантле-Букка доказало свою высокую эффективность для мониторинга и оценки экологического

состояния реки Лучеса. Установлено, что воды реки за городом относятся к чистым ( $\beta$ -мезосапробная зона,  $S=1,64$ ), в то время как в черте города антропогенная нагрузка приводит к умеренному загрязнению и переходу в состояние типичной  $\beta$ -мезосапробной зоны ( $S=2,0$ ). Полученные результаты свидетельствуют о заметном, но не критическом влиянии городской среды, что требует внимания со стороны природоохранных и коммунальных служб для предотвращения дальнейшей деградации экосистемы реки.

1. Бухтиярова, Л.Н. Bacillariophyta в биомониторинге речных экосистем. Современное состояние и перспективы использования / Л.Н. Бухтиярова // Альгология. – 1999. – Т. 9, № 3. – С. 89–103.
2. Водоросли: справочник / [ред. коллегия: С.П. Вассер и др.]. – Киев: Наук. думка, 1989. – 608 с.
3. Гальцова, В.В. Практикум по водной экологии и мониторингу состояния водных систем / В.В. Гальцова, В.В. Дмитриев. – Санкт-Петербург, 2007. – 200 с.
4. Макрушин, А.В. Биологический анализ качества вод / А.В. Макрушин. – Л.: Зоол. ин-т АН СССР, 1974. – 60 с.

## СОЗДАНИЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ПОЛЕЙ КАК ОСНОВА ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

*Селезнёва А.В.,*

*студентка 4 курса ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель – Торбенко А.Б., ст. преподаватель*

**Ключевые слова.** Точное земледелие, цифровое картографирование, беспилотная съемка, дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ), геоинформационные технологии (ГИС), RTK-позиционирование, карты неоднородности агроэкосистем, цифровые карты границ угодий, GPS-навигация и автопилотирование, сельскохозяйственные угодья северной Беларуси.

**Keywords:** Precision farming, digital mapping, unmanned aerial photography, Earth remote sensing (ERS), geoinformation technologies (GIS), RTK positioning, agroecosystem heterogeneity maps, digital land boundary maps, GPS navigation and autopilot, agricultural lands of northern Belarus.

Технологии точного земледелия позволяют экономить ресурсы, контролировать качество и количество урожая, сокращать финансирование, обеспечивают экологизацию сельскохозяйственного производства. Внедрение технологий точного земледелия на севере Беларуси дает возможность решить проблему неоднородности условий в границах поля, которая связана с мозаичном почвенным покровом, пересеченным рельефом и неоднородным увлажнением.

Цель исследования – доказать необходимость создания высокоточных цифровых карт неоднородности полей для технологий точного земледелия, а также обозначить оптимальные параметры такой картографической основы.

**Материал и методы.** В ходе проведенных исследований была выполнена беспилотная съемка территории и проведена обработка полученных данных как в видимом диапазоне, так и в мультиспектральном формате. Общая площадь экспериментальных работ составила свыше 4 тыс. га сельскохозяйственных угодий, расположенных в окрестностях г. Витебска. На основании договоров о сотрудничестве исследования осуществлялись на землях ОАО «Сущево-Агро», Витебского зонального института сельского хозяйства НАН Беларуси, ПК «Ольговское» и ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика».

В работе использовался БПЛА **Phantom4multispectral**, обеспечивающий получение изображений с разрешением 4,6 см/пиксель при высоте полета 100 м. Точность позиционирования