

Результаты исследования качества воды в рамках международного проекта Луга-Балт-2

Туйя Ранга-Корхонен¹,
магистр гуманитарных наук,
менеджер проекта «Луга-Балт-2»,
e-mail: tuija.ranta-korhonen@xamk.fi;
Марина Викторовна Маркова¹,
магистр естественных наук,
инженер-исследователь,
e-mail: marina.markova@xamk.fi;

Эдуард Вадимович Васильев²,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник,
e-mail: sznii6@yandex.ru;
Александр Сергеевич Оглуздин²,
кандидат биологических наук,
главный специалист,
e-mail: ogluzdin-aleksand@yandex.ru;
Наталья Сергеевна Васильева²,
научный сотрудник,
e-mail: vasileva0203@yandex.ru

¹Университет прикладных наук Юго-Восточной Финляндии (ХАМК), Финляндия;

²Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Реферат. Отметим трансграничный характер антропогенного воздействия на окружающую среду, в том числе на водные объекты, который необходимо исследовать в международном формате. (*Цель исследования*) Определить состояние воды реки Урполайоки в районе города Миккели в Финляндии и реки Луга в России для подготовки предложений по улучшению их состояния. (*Материалы и методы*) Качество воды определяли по 11 параметрам путем отбора проб воды и их анализа в лаборатории. Дополнительно Университет прикладных наук Юго-Восточной Финляндии осуществлял онлайн-мониторинг с помощью непрерывно действующего водного зонда YSI 6920-V2. Применяли стандартные методы обработки статистических, натурных данных. (*Результаты и обсуждение*) Выявили хорошее качество воды в реке Урполайоки, стабильное в течение всего периода мониторинга. Показали, что качество воды в реке Луга ухудшается в направлении ниже по течению, в частности из-за деятельности сельскохозяйственных и животноводческих хозяйств вблизи бассейна реки. Так, содержание азота по Кьельдалю и общего фосфора в точке выше по течению составляет 10,8 миллиграммов и 119 микрограммов на литр соответственно, а в точке вниз по течению – только 1,6 миллиграмма и 28 микрограммов соответственно. (*Выводы*) Определили, что анализируемые показатели соответствуют категории хорошего качества: уровень насыщения воды кислородом за период мониторинга колебался в пределах 88,76-117,83 процента; цветность составила 30 миллиграммов на литр по платиново-кобальтовой шкале, что означает небольшое содержание гумуса в воде; наличие твердых веществ в воде варьировалось от 1,1 до 2,4 миллиграмма на литр; общее содержание фосфора в воде – ниже 9,2 микрограмма на литр, то есть в пределах нормы. В ходе мониторинга реки Луга установили отчетливое влияние близлежащих сельхозпредприятий и населенных пунктов.

Ключевые слова: экологическая оценка, биогенная нагрузка на водные объекты, эвтрофикация водоемов, мониторинг качества воды в водоемах.

■ **Для цитирования:** Ранга-Корхонен Т., Маркова М.В., Васильев Э.В., Оглуздин А.С., Васильева Н.С. Результаты исследования качества воды в рамках международного проекта Луга-Балт-2 // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15. №3. С. 4-12. DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-3-4-12.

Results of the Water Quality Study Within the Luga-Balt-2 International Project

Tuija Ranta-Korhonen¹,
M.A.(Eng.), Luga-Balt-2 project manager,
e-mail: tuija.ranta-korhonen@xamk.fi;
Marina V. Markova¹,
M.Sc.(Eng.), research engineer,
e-mail: marina.markova@xamk.fi;

Eduard V. Vasilev²,
Ph.D.(Eng.), leading researcher,
e-mail: sznii6@yandex.ru;
Aleksandr S. Ogluzdin²,
Ph.D.(Biol.), senior specialist,
e-mail: ogluzdin-aleksand@yandex.ru;
Natalia S. Vasileva²,
researcher, e-mail: vasileva0203@yandex.ru

¹South-Eastern Finland University of Applied Sciences (Xamk), Finland;

²Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production – Branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract. The authors noted the transboundary nature of anthropogenic impact on the environment, including that on water bodies, which needs to be studied in an international format. (*Research purpose*) To determine the water state of the Urpolanjoki River in the Mikkeli area in Finland and the Luga River in Russia in order to prepare proposals for improvement. (*Materials and methods*) Water quality was specified by 11 parameters by sampling and analyzing them in the laboratory. Additionally, 1 South-Eastern Finland University of Applied Sciences carried out online monitoring using the YSI 6920-V2 continuous water probe. The authors used standard methods of processing statistical, field data. (*Results and discussion*) The authors revealed good, stable during the entire monitoring period, water quality in the Urpolanjoki River. The authors showed that the water quality in the Luga River deteriorates downstream, in particular, due to the agricultural and livestock farms' activities near the river basin. Thus, the Kjeldahl nitrogen and total phosphorus content at the upstream point is 10.8 milligrams and 119 micrograms per liter, respectively, and at the downstream point, it is only 1.6 milligrams and 28 micrograms, respectively. (*Conclusions*) It was determined that the analyzed indicators correspond to the category of good quality: the level of water oxygen saturation fluctuated within 88.76-117.83 per cent during the monitoring period; the color was 30 milligrams per liter on the platinum-cobalt scale, which means a low humus content in the water; the presence of solids in the water ranged from 1.1 to 2.4 milligrams per liter; the total phosphorus content in water is below 9.2 micrograms per liter, that is, within the normal limits. During the monitoring of the Luga River, a clear influence of nearby agricultural enterprises and settlements was detected.

Keywords: environmental assessment, nutrient load on water bodies, eutrophication of water bodies, monitoring of water quality in water bodies.

For citation: Ranta-Korhonen T., Markova M.V., Vasilev E.V., Ogluzdin A.S. Vasileva N.S. Rezul'taty issledovaniya kachestva vody v ramkakh mezhdunarodnogo proekta Luga-Balt-2 [Results of the water quality study within the Luga-Balt-2 international project]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2021. Vol. 15. N3. 4-12 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-3-4-12.

Вопрос поддержания и улучшения состояния окружающей природной среды не имеет региональных и межгосударственных границ. Большие водные объекты, например Балтийское море, характеризуются большими водосборными территориями с множеством озер и рек. В таких условиях сложно улучшить состояние водного объекта без межгосударственного взаимодействия [1, 2]. Установлено постоянное ухудшение состояния Балтийского моря, в том числе и в результате сельскохозяйственной деятельности [3-7].

Университет прикладных наук Юго-Восточной Финляндии (ХАМК) участвует в проекте Луга-Балт-2 (Благополучная окружающая среда и чистые водные пути в голубое Балтийское море (*Safe Environment and Cleaner Waterways to Blue Baltic Sea*), включающий мониторинг состояния водных объектов на целевых территориях Миккели и Луга. Кроме Университета прикладных наук Юго-Восточной Финляндии, проект реализуется Центром природных ресурсов Финляндии (Луке), а также основным партнером с российской стороны ИАЭП – филиал ФНАЦ ВИМ и Межрегиональной общественной организацией «Общество содействия устойчивому развитию сельских территорий». Период реализации проекта Луга-Балт-2 – с 01.02.2019 по 31.12.2021. Проект финансируется программой *Cross-Border Cooperation* Юго-Восточная

Финляндия – Россия и Программой приграничного сотрудничества поддержки совместных проектов по внешним границам ЕС.

Цель исследования – определить качество воды рек Урполянйоки в районе города Миккели в Финляндии и реки Луга в России для подготовки предложений по улучшению их состояния.

Материалы и методы. Отобрали пробы воды и провели их анализ в лаборатории. В Университете прикладных наук Юго-Восточной Финляндии выполнили онлайн-мониторинг качества воды в пилотных точках проекта на реках Урполянйоки с помощью непрерывно действующего водного зонда.

Река Урполянйоки протекает через культурно-общественные и городские территории Миккели, а также через заливы Каттиланлахти и Пурсиаланлахти в пролив Паппиланселкя, часть водораздела Саймы ниже города Миккели. Бассейн реки Урполянйоки занимает площадь около 39,80 км² (рис. 1) [8-10].

По данным справочника 2016 г. *Mikkelin kantakaupungin ekosysteemipalvelut javiherrakenne* (Экосистемные услуги и структура озеленения в городе Миккели), 20-50% водосборной территории реки Урполянйоки имеют водонепроницаемую поверхность, но на большей части доля такого покрытия составляет всего 2-20% или даже менее 2% (рис. 2).

Водонепроницаемое покрытие препятствует вы-

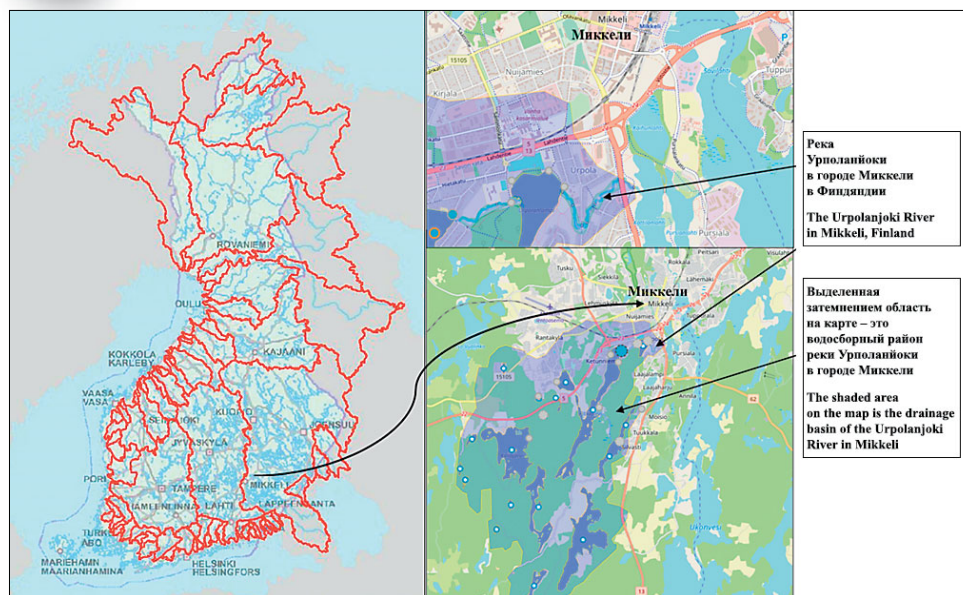


Рис. 1. Водосборный бассейн реки Урполанйоки в Миккели на карте Финляндии
Rice. 1. The drainage basin of the Urpolanjoki River in Mikkeli on the map of Finland

мыванию почвы ливневыми водами, уменьшая влияние выпадающих атмосферных осадков на качество воды в реке и биогенную нагрузку на водоем. В то же время достаточно большая территория водосборного бассейна реки Урполанйоки имеет водонепроницаемое покрытие плотностью всего 2–20% или даже менее 2%. На основании этих данных река Урполанйоки была выбрана в качестве одного из объектов исследований в рамках проекта Луга-Балт-2, так как по водным каналам ее воды через озеро Сайма в итоге попадают в Балтийское море.

Согласно классификациям директивы ЕС (*Water Framework Directive*), экологическое состояние в озере Питкяярви, самом большом в водосборе реки Урполанйоки, в основном хорошее. Однако летом периодически наблюдается цветение воды, и обнаруживаются сине-зеленые водоросли.

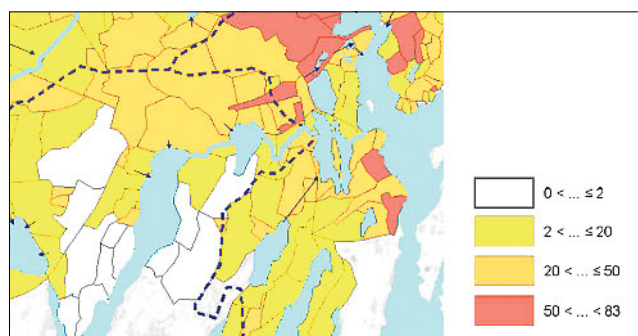


Рис. 2. Доля водонепроницаемых покрытий на водосборной территории реки Урполанйоки (ниже пунктирной линии находится территория водосборного бассейна реки Урполанйоки в Миккели), %

Fig. 2. The share of waterproof coverings in the drainage area of the Urpolanjoki River (below the dotted line is the drainage basin of the Urpolanjoki River in Mikkeli), %

В проекте Луга-Балт-2 для онлайн-мониторинга параметров воды в водоемах использовали водный зонд YSI 6920-V2, в который были установлены различные датчики для измерения параметров воды (рис. 3). Перед началом мониторинга была настроена программа выполнения измерений с требуемой периодичностью. Затем во время мониторинга получены результаты измерений в виде разнообразных пакетов данных в мобильном приложении интернет-сервиса Kolibri Cloud.

С учетом уровня развития цифровых технологий необходимо наращивать темпы использования Интернета вещей и удаленных систем мониторинга [11-13]. В рамках проекта для осуществления онлайн-мониторинга качества воды в водоемах с помощью водного зонда использовали датчики, измеряющие мутность воды (*NTU*), электрическую проводимость, кислотность, температуру, содержание растворенного в воде кислорода и уровень ее насыщения этим элементом. Интенсивность измерений – каждые полчаса, а передача данных в сервисную интернет-систему *Kolibri Cloud* осуществлялась ежесуточно. Измерения зондом на реке Урполанйоки продолжались до 1 июля 2020 г., после чего его отправили на техническое обслуживание в лабораторию.

Кроме онлайн-измерений, были взяты пробы воды – с целью периодического сопоставления результатов измерений зонда с результатами лабораторных анализов проб воды, так как водный зонд непрерывного действия находился в реке в месте проведения исследований на протяжении трех месяцев. Кроме то-



Рис. 3. Водный зонд YSI 6920 V2: а – общий вид; б – передатчик; в – измерительные датчики

Fig. 3. Water probe YSI 6920 V2: a – general view; b – transmitter; c – measuring sensors

го, пробы воды отбирались для определения дополнительных параметров воды лабораторными методами.

Образцы воды отбирали примерно каждые две недели в течение периода мониторинга на реке Урполанйоки в месте установки зонда.

ИАЭП – филиал ФНАЦ ВИМ проводил отбор проб воды на реке Луга и ее притоках. Река Луга берет начало в Новгородской области из Тесовских болот и впадает в Финский залив в Усть-Луге Ленинградской области. В водосборе реки расположены поселковые центры, рекреационные поселки, а также животноводческие и фермерские хозяйства.

Пробы речной воды отбирали в 2019 г. в восьми разных точках 23 мая, 8 июля, 28 августа, 26 сентября, 23 октября и 24 декабря. Точки отбора проб были выбраны на основе предварительных данных по территории реки Луга (рис. 4). Некоторые из них располагались в непосредственной близости от мест, вызывающих обильное загрязнение воды.

Точка № 1 располагалась выше по течению реки, а остальные находились последовательно вниз по течению.

В реке Луга исследовали пробы воды по общепринятым методикам на следующие показатели: электропроводность, pH , ионы калия, аммония и нитрата, а также общий фосфор и общий азот. Применяли стандартные методы обработки статистических, натурных данных.

Результаты и обсуждение. В 2019-2020 гг. фактически не было обычных осенних заморозков и весеннего половодья, но случались зимние заморозки и оттепели. Кроме того, значительная часть зимних осадков выпадала в виде дождя. Зимой 2019-2020 гг. уровень воды в реке значительно превысил обычную отметку, а водное течение стало интенсивнее, чем обыч-

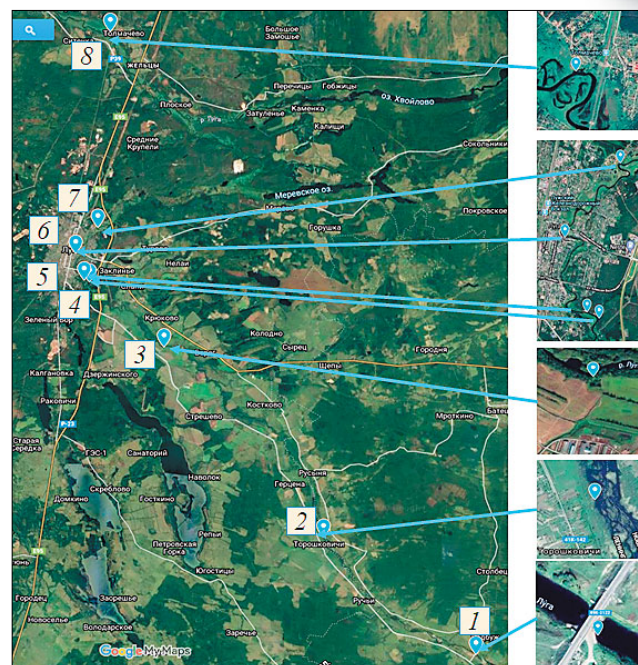


Рис. 4. Расположение точек отбора проб воды на реке Луга
Fig. 4. The location of water sampling points on the Luga river

но в это время. Кроме того, отсутствие сплошного снежного покрова и присущих данной местности морозов зимой увеличило вымывание почвы, следовательно, возросло количество биогенных веществ в водоемах.

Результаты мониторинга выявили хорошее качество воды в реке Урполанйоки (табл. 1). Уровень насыщения воды кислородом колебался в пределах 88,76-117,83%. Это свидетельствует об отличном качестве воды в соответствии с предельными значениями 85-110%, установленными Институтом окружающей среды Финляндии. Уровень электропроводности, а также

Таблица 1

Table 1

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОБ ВОДЫ ИЗ РЕКИ УРПОЛАНЙОКИ В МИККЕЛИ (ФИНЛЯНДИЯ) ВЕСНОЙ 2020 г.
RESULTS OF LABORATORY STUDIES OF WATER SAMPLES FROM THE URPOLANJOKI RIVER IN MIKKELI (FINLAND) IN THE SPRING OF 2020

Дата отбора проб воды Water sampling date	Количество растворенного кислорода, мг/л Dissolved oxygen, mg/l	Уровень насыщения кислородом, % Oxygen saturation level, %	Электропроводность, мкСм/см Electrical conductivity, µS/cm	pH	Цвет, мг/л Pt Color, mg/l Pt	Взвешенные вещества, мг/л Suspended substances, mg/l	Общий фосфор, мкг/л Total phosphorus, µg/l
24.04.2020	11,20	89,58	90,4	6,71	30	1,1	9,200
04.05.2020	11,95	102,18	88,00	6,67	30	2,4	7,730
12.05.2020	12,74	110,78	82,50	6,86	30	1,7	5,570
27.05.2020	11,43	117,83	82,50	6,86	30	1,7	8,540
08.06.2020	9,73	101,40	81,50	6,94	30	1,6	7,660
25.06.2020	7,46	88,76	83,50	7,13	30	—	8,595
Границы значений параметров для классификации качества воды Limits of parameter values for water quality classification	4-10	85-110	50-100	6,5-6,8	20-40	1-3	<15

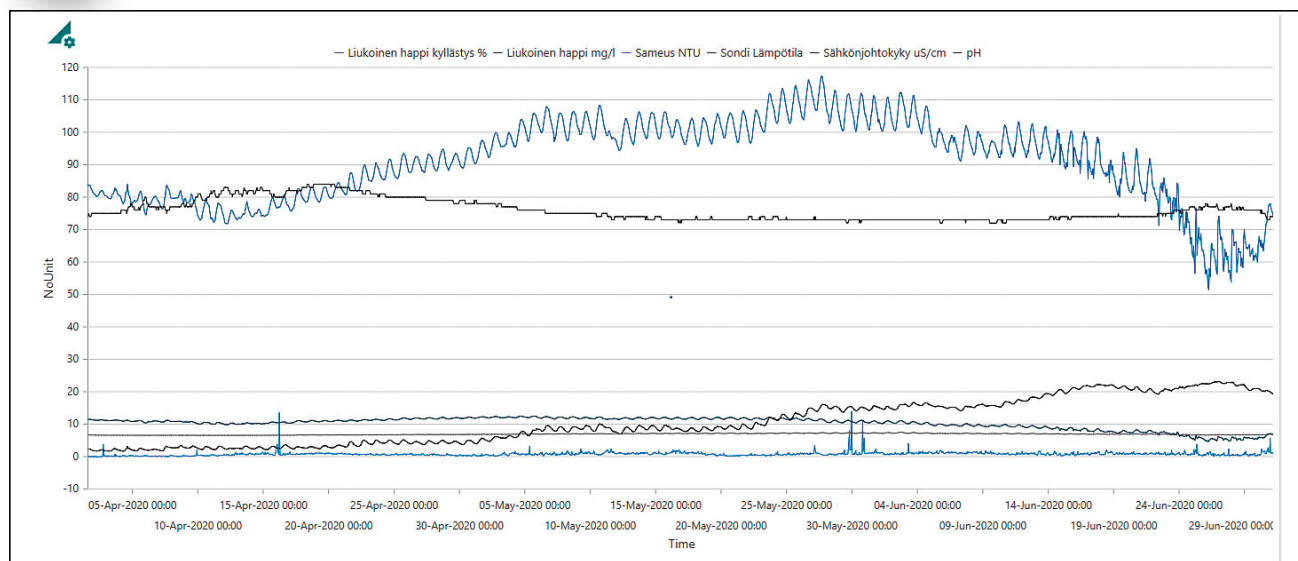


Рис. 5. Динамика показателей качества воды в реке Урполанйоки (Миккели, Финляндия) из интернет-сервиса Kolibri Cloud
Fig. 5. The dynamics of water quality indicators in the Urpolanjoki River (Mikkeli, Finland) from the Kolibri Cloud Internet service

pH были типичными для поверхностных вод Финляндии. Цветность составила 30 мг Pt/l , что означает небольшое содержание гумуса в воде. Содержание твердых веществ в воде варьировалось от 1,1 до 2,4 мг/л, что также характерно для поверхностных вод Финляндии (в пределах 1-3 мг/л). Общее содержание фосфора в воде было ниже 9,2 мкг/л, то есть незначительным (норма – менее 15 мкг/л). Результаты онлайн-мониторинга показали, что качество воды в реке Урполанйоки в течение всего периода оставалось стабильным.

По данным интернет-сервиса *Kolibri Cloud* за период мониторинга 01.04.2020 – 01.07.2020 г. составили график (рис. 5). По некоторым параметрам не отображаются их величины, что связано с искажением градуировки по оси Y из-за множества различных по размерностям данных. Однако хорошо видна их динамика. Более детальный анализ за период изме-

ний выполнен на основе базы данных путем загрузки результатов измерений из системы *Kolibri Cloud* в виде файлов в форматах *CSV* и *Excel*.

Качество воды в реке Урполанйоки оставалось стабильно хорошим в течение всего периода мониторинга. Вода достаточно насыщена кислородом, с низким содержанием гумуса, довольно прозрачная, с небольшой концентрацией общего фосфора. Результаты измерений водного зонда и лабораторных анализов проб воды совпадают в пределах допустимых погрешностей измерений. Например, на 24.04.2020 значение pH по данным зонда составляло 6,67, по результатам анализа пробы воды – 6,71, содержание кислорода – 85,70 и 89,58% соответственно.

Мониторинг качества воды в реке Луга провели по семи показателям (табл. 2). В таблице точки отбора проб расположены в порядке от верховьев реки Лу-

Таблица 2

Table 2

КАЧЕСТВО ВОДЫ РЕКИ ЛУГА В ПЕРИОД МОНИТОРИНГА 2019 г.
THE LUGA RIVER WATER QUALITY DURING THE MONITORING PERIOD OF 2019

Точки отбора проб* Sampling points*	Электропроводность, мкСм/см Electrical conductivity, $\mu S/cm$	pH	K^+ , мг/л mg/l	NH_4^+ , мг/л mg/l	NO_3^- , мг/л mg/l	Азот N (Кьельдаль), мг/л Nitrogen N (Kjeldahl), mg / l	Общий фосфор P , мкг/л Total phosphorus P , $\mu g/L$
1	270	7,5	0,18	0,06	0,6	1,5	8
2	420	7,5	0,44	0,18	1,8	1,9	29
3	1040	7,3	8,59	5,04	13,2	10,8	119
4	570	7,6	1,04	2,58	10,6	12,5	41
5	360	7,7	0,30	1,20	0,8	1,6	24
6	370	7,7	0,33	1,26	1,0	2,1	29
7	370	7,7	0,34	1,21	1,0	1,6	29
8	380	7,7	0,34	1,21	1,1	1,6	28

*Точки расположены в направлении от верховья до нижних вод

*The points are located in the direction from the headwaters to the lower waters

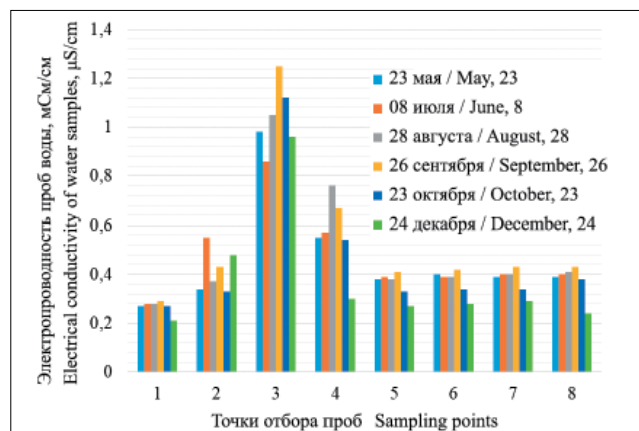


Рис. 6. Изменение электропроводности в точках отбора проб воды на реке Луга в 2019 г.

Fig. 6. Changes in electrical conductivity at the water sampling points in the Luga River in 2019

ги до нижних вод.

Точки отбора проб № 3 и 4 расположены вблизи участков, вызывающих загрязнение воды. Точка № 3 находится в конце дренажной канавы, имеющей на своем водосборе животноводческую ферму и поля, куда систематически вносят органические удобрения в больших дозах. В этой точке концентрация общего азота, ионов аммония, нитратов, общего фосфора превышает значения в остальных точках взятия проб воды. Такая же тенденция характерна и для электропроводности и ионов калия. Около ручья Стрельный, впадающего в р. Луга (точка мониторинга № 4), расположено множество частных домовладений, которые скорее всего не в достаточной мере очищают свои стоки.

Антропогенное влияние на воду в каналах, впадающих в реку Луга, отчетливо прослеживается вблизи точек отбора проб № 3 и 4 (рис. 6). Электропроводность характеризует содержание ионов биогенов в пробах воды, ее значение прямо пропорционально их содержанию. В точках отбора проб воды № 3 и 4 значение электропроводности воды в среднем в течение года составляет 1,04 и 0,57 мСм/см соответственно, что выше значений пробы воды, не подверженной воздействию со стороны деятельности человека (точка № 1 – 0,27 мСм/см) [14, 15].

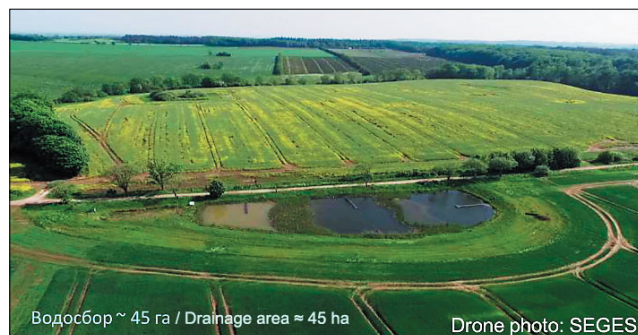


Рис. 7. Водно-болотное угодье

Fig. 7. Wetland

Анализ результатов мониторинга показал, что качество воды в реке Луга ухудшается в направлении ниже по течению, в частности из-за деятельности земледельческих и животноводческих хозяйств вблизи бассейна реки. Между точками отбора проб № 5 и 8 нет значительных изменений качества воды. Можно предположить, что концентрации биогенных элементов разбавляются при спуске вниз по течению реки водой из ее водосбора, а также в ходе внутренних процессов в водном объекте, таких как осаждение твердых веществ в донных отложениях и фильтрование в водной растительности. Так, содержание азота по Кьельдалю и общего фосфора в точке № 3 составляет 10,8 мг/л и 119 мкг/л соответственно, а в точке № 8, ниже по течению, – 1,6 мг/л и 28 мкг/л, то есть значительно меньше (табл. 2).

Снижение поступления биогенов в водные объекты может быть достигнуто с применением следующих организационно-технологических мер:

- минимизировать количество применяемых удобрений в пойме реки, в руслах водотоков, поступающих в реку Луга;
- менять русла с целью снижения скорости движения воды в дренажных каналах мелиорационных систем;
- высаживать азотопоглощающие культуры: тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), рогоз широколистный (*Typha latifolia*) и схеноплектус озерный (*Schoenoplectus lacustris*) и т.п.;
- создавать водно-болотные угодья для естественной очистки стоков (рис. 7);
- установить локальные очистные сооружения в частных домовладениях, расположенных выше по течению впадающих в реку ручьев [16-20].

Выводы. Выявили, что вода в реке Урполянйоки в Миккели (Финляндия) соответствует категории хорошего качества. Уровень насыщения воды кислородом колебался в пределах 88,76-117,83%. Это свидетельствует об отличном качестве воды в соответствии с предельными значениями 85-110%, установленными Институтом окружающей среды Финляндии. Уровень электропроводности, а также *pH* были типичными для поверхностных вод Финляндии. Цветность составила 30 мг *Pt*/л, что означает небольшое содержание гумуса в воде. Содержание твердых веществ в воде варьировалось от 1,1 до 2,4 мг/л, что также характерно для поверхностных вод Финляндии (в пределах 1-3 мг/л). Общее содержание фосфора в воде было ниже 9,2 мкг/л, то есть незначительным (норма – менее 15 мкг/л). Результаты онлайн-мониторинга показали, что качество воды в реке Урполянйоки в течение всего периода оставалось стабильным.

В ходе мониторинга реки Луга установлено отчетливое влияние близлежащих сельскохозяйственных предприятий (точка № 3) и населенных пунктов (точка № 4), где содержание общего фосфора в разы превышает показатель пробы, взятой в верховье: 119 и

41 мкг/л против 8 мкг/л. Можно предположить, что концентрации биогенных элементов разбавляются при спуске вниз по течению реки водой из ее водосбора, а также в ходе внутренних процессов в водном объекте, таких как осаждение твердых веществ в донных отложениях и фильтрование в водной растительности.

Для снижения количества поступающих биогенов в р. Луга предложены технологические и организационные меры:

- минимизация количества применяемых удобрений в пойме реки, в руслах водотоков, поступающих в р. Луга;

- создание водно-болотных угодий для естественной очистки стоков;
- установка в частных домовладениях локальных очистных сооружений;
- строительство водно-болотного угодья.

Результаты исследований, представленные в статье, получены при частичной финансовой поддержке международного проекта Луга-Балт-2 «Благополучная окружающая среда и чистые водные пути в голубое Балтийское море» (Safe Environment and Cleaner Waterways to Blue Baltic Sea).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брюханов А.Ю., Кондратьев С.А., Васильев Э.В., Минакова Е.А., Терехов А.В., Обломкова Н.С. Оценка сельскохозяйственной биогенной нагрузки, сформированной на речных водосборах бассейна Куйбышевского водохранилища // *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства*. 2018. №96. С. 175-186.
2. Кондратьев С.А., Шмакова М.В., Брюханов А.Ю., Викторова Н.В., Ершова А.А., Обломкова Н.С. К оценке биогенного стока в Финский залив Балтийского моря // *Ученые записки РГГМУ*. 2018. №51. С. 109-120.
3. Atilgan A., Yucel A., Markovic M. Determination of relationship between water level, volume and meteorological variables: study of lake Egirdir. Engineering for rural development. Proceedings of the 19th International Scientific Conference. 2020. Vol. 19. 140-146.
4. Karlson B., Andersson L.S., S Kaitala, Kronsell J., Mohlin M., Seppälä J., Willstrand Wranne A. A comparison of FerryBox data vs. monitoring data from research vessels for near surface waters of the Baltic Sea and the Kattegat. *Journal of Marine Systems*. 2016. Vol. 162. 98-111.
5. Gyraite G., Kataržytė M., Overlingė D., Vaičiūtė D., Jonikaitė E., Schernewski G. Skip the Dip – Avoid the Risk? Integrated Microbiological Water Quality Assessment in the South-Eastern Baltic Sea Coastal Waters. *Water*. 2020. 12(11). 3146.
6. Capo E., Bravo A.G., Soerensen A.L., Bertilsson S., Pinhassi J., Feng C., Andersson A.F., Buck M., Björn E. Deltaproteobacteria and Spirochaetes-Like Bacteria Are Abundant Putative Mercury Methylators in Oxygen-Deficient Water and Marine Particles in the Baltic Sea. *Frontiers in Microbiology*. 2020. N11. 574080.
7. Kalinowska D., Wielgat P., Kolerski T., Zima P. Model of Nutrient and Pesticide Outflow with Surface Water to Puck Bay (Southern Baltic Sea). *Water*. 2020. N12. 809.
8. Hovik S. Integrated Water Quality Governance and Sectoral Responsibility: The EU Water Framework Directive's Impact on Agricultural Sector Policies in Norway. *Water*. 2019. N11. 2215.
9. Hendry S. The Eu Water Framework Directive – Challenges, Gaps and Potential for the Future. *Journal for European environmental & planning law*. 2017. Vol. 14. Iss. 3-4. 249-268.
10. Wiering M., Boezeman D., Crabbé A. The Water Framework Directive and Agricultural Diffuse Pollution: Fighting a Running Battle? *Water*. 2020. N12(5). 1447.
11. Júnior A.C.D.S., Munoz R., Quezada M.D.L.Á., Neto A.V.L., Hassan M.M., Albuquerque V.H.C.D. Internet of Water Things: A Remote Raw Water Monitoring and Control System. *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. 35790-35800.
12. Hattarak S., Patil A., Kulkarni S. Integrated Water Monitoring and Control System-IWMCS. IEEE. Bangalore Humanitarian Technology Conference. 2020. 1-5.
13. Siirriä S., Roiha P., Tuomi L., Purokoski T., Haavisto N., Alenius P. Applying area-locked, shallow water Argo floats in Baltic Sea monitoring. *Journal of Operational Oceanography*. 2019. Vol. 12. N1. 58-72.
14. Ageev I.M., Rybin Y.M. Features of Measuring the Electrical Conductivity of Distilled Water in Contact with Air. *Meas Tech*. 2020. N62. 923-927.
15. Zimmerman B.A., Kaleita A.L. Electrical conductivity of agricultural drainage water in Iowa. *Applied engineering in agriculture*. 2017. Vol. 33. 369-378.
16. Hoffmann C.C., Kjærgaard C. Optimeret kvælstoffjernelse i matricevådområder. *Vand & Jord*. 2017. N3. 101-105.
17. Васильев Э.В. Повышение эколого-экономической эффективности процесса использования жидкого органического удобрения путем автоматизированного выбора рациональных вариантов технологий транспортировки и внесения в условиях Северо-Западного региона // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. 2013. N4(12). С. 127-133.
18. Личман Г.И., Белых С.А., Марченко А.Н. Способы внесения удобрений в системе точного земледелия // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. N4. С. 4-9.
19. Pozdnyakov Sh.R., Briukhanov A.Yu., Kondrat'ev S.A., Ignat'eva N.V., Shmakova M.V., Minakova E.A., Rasulova A.M., Oblomkova N.S., Vasil'ev E.V., Terekhov A.V. Perspectives of the Reduction of Nutrient Export from River Watersheds through the Introduction of Best Available Technologies for Agricultural Production: Based on Modeling Results. *Water Resources*. 2020. Vol. 47. N5. 771-784.

20. Martikainen K., Kauppinen A., Matikka V., Veijalainen A.-M., Torvinen E., Pitkänen T., Miettinen I.T., Heinonen-Tanski H. Efficiency of Private Household Sand Filters in Re-

moving Nutrients and Microbes from Wastewater in Finland. *Water*. 2018. N10. 1000.

REFERENCES

1. Bryuhanov A.Yu., Kondrat'ev S.A., Vasilev E.V., Minakova E.A., Terekhov A.V., Oblomkova N.S. Otsenka sel'skokhozyaystvennoy biogennoy nagruzki, sformirovannoy na rechnykh vodosborakh basseyna Kuybyshevskogo vodokhranilishcha [Assessment of agricultural nutrient load generated on the river catchment areas within the kuybyshev reservoir basin]. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva*. 2018. N96. 175-186 (In Russian).
2. Kondrat'ev S.A., Shmakova M.V., Bryuhanov A.Yu., Viktorova N.V., Ershova A.A., Oblomkova N.S. K otsenke biogenogo stoka v Finskiy zaliv Baltiyskogo moraya [To the evaluation of nutrient removal to the gulf of finland of the baltic sea]. *Uchenye zapiski RGGMU*. 2018. N51. 109-120 (In Russian).
3. Atilgan A., Yucel A., Markovic M. Determination of relationship between water level, volume and meteorological variables: study of lake Egirdir. Engineering for rural development. Proceedings of the 19th International Scientific Conference. 2020. Vol. 19. 140-146 (In English).
4. Karlson B., Andersson L.S., Kaitala S., Kronsell J., Mohlin M., Seppälä J., Willstrand Wranne A. A comparison of FerryBox data vs. monitoring data from research vessels for near surface waters of the Baltic Sea and the Kattegat. *Journal of Marine Systems*. 2016. Vol. 162. 98-111 (In English).
5. Gyraite G., Kataržytė M., Overlingė D., Vaičiūtė D., Jonikaitė E., Schernewski G. Skip the Dip – Avoid the Risk? Integrated Microbiological Water Quality Assessment in the South-Eastern Baltic Sea Coastal Waters. *Water*. 2020. N12(11). 3146 (In English).
6. Capo E., Bravo A.G., Soerensen A.L., Bertilsson S., Pinhasi J., Feng C., Andersson A.F., Buck M., Björn E. Deltaproteobacteria and Spirochaetes-Like Bacteria Are Abundant Putative Mercury Methylators in Oxygen-Deficient Water and Marine Particles in the Baltic Sea. *Frontiers in Microbiology*. 2020. N11. 574080 (In English).
7. Kalinowska D., Wielgat P., Kolerski T., Zima P. Model of Nutrient and Pesticide Outflow with Surface Water to Puck Bay (Southern Baltic Sea). *Water*. 2020. N12. 809 (In English).
8. Hovik S. Integrated Water Quality Governance and Sectoral Responsibility: The EU Water Framework Directive's Impact on Agricultural Sector Policies in Norway. *Water*. 2019. N11. 2215 (In English).
9. Hendry S. The Eu Water Framework Directive – Challenges, Gaps and Potential for the Future. *Journal for European environmental & planning law*. 2017. Vol. 14. N3-4. 249-268 (In English).
10. Wiering M., Boezeman D., Crabbé A. The Water Framework Directive and Agricultural Diffuse Pollution: Fighting a Running Battle? *Water*. 2020. N12(5). 1447 (In English).
11. Júnior A.C.D.S., Munoz R., Quezada M.D.L.Á., Neto A.V.L., Hassan M.M., Albuquerque V.H.C.D. Internet of Water Things: A Remote Raw Water Monitoring and Control System. *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. 35790-35800 (In English).
12. Hattaraki S., Patil A., Kulkarni S. Integrated Water Monitoring and Control System-IWMCS. IEEE. Bangalore Humanitarian Technology Conference. 2020. 1-5 (In English).
13. Siiriä S., Roiha P., Tuomi L., Purokoski T., Haavisto N., Alenius P. Applying area-locked, shallow water Argo floats in Baltic Sea monitoring. *Journal of Operational Oceanography*. 2019. Vol. 12. N1. 58-72 (In English).
14. Ageev I.M., Rybin Y.M. Features of Measuring the Electrical Conductivity of Distilled Water in Contact with Air. *Meas Tech*. 2020. N62. 923-927 (In English).
15. Zimmerman B.A., Kaleita A.L. Electrical conductivity of agricultural drainage water in Iowa. *Applied engineering in agriculture*. 2017. Vol. 33. 369-378 (In English).
16. Hoffmann C.C., Kjærgaard C. Optimeret kvælstoffjernelse i matricevandområder. *Vand & Jord*. 2017. N3. 101-105 (In Finnish).
17. Vasilev E.V. Povyshenie ekologo-ekonomicheskoy effektivnosti protsessov ispol'zovaniya zhidkogo organicheskogo udobreniya putem avtomatizirovannogo vybora ratsional'nykh variantov tekhnologiy transportirovki i vneseniya v usloviyakh Severo-Zapadnogo regiona [Increasing the ecological and economic efficiency of the process of using liquid organic fertilizers by automated selection of rational options for transportation and application technologies in the North-West region]. *Vestnik Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*. 2013. N4(12). 127-133 (In Russian).
18. Lichman G.I., Belyh S.A., Marchenko A.N. Sposoby vnesheniya udobreniy v sistemu tochnogo zemledeliya [Methods of applying fertilizers in precision agriculture]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2018. T. 12. N4. 4-9 (In Russian).
19. Pozdnyakov Sh.R., Briukhanov A.Yu., Kondrat'ev S.A., Ignat'eva N.V., Shmakova M.V., Minakova E.A., Rasulova A.M., Oblomkova N.S., Vasilev E.V., Terekhov A.V. Perspectives of the Reduction of Nutrient Export from River Watersheds through the Introduction of Best Available Technologies for Agricultural Production: Based on Modeling Results. *Water Resources*. 2020. Vol. 47. N5. 771-784 (In English).
20. Martikainen K., Kauppinen A., Matikka V., Veijalainen A.-M., Torvinen E., Pitkänen T., Miettinen I.T., Heinonen-Tanski H. Efficiency of Private Household Sand Filters in Removing Nutrients and Microbes from Wastewater in Finland. *Water*. 2018. N10. 1000 (In English).

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest.

The authors declare no conflict of interest.

Заявленный вклад соавторов:

Ранта-Корхонен Т. – проведение мониторинга качества воды в реке Урполанйоки (Миккели, Финляндия) в рамках реализации проекта «Луга-Балт-2» в Университете прикладных наук Юго-Восточной Финляндии, включая лабораторные исследования, взятие проб воды и онлайн-мониторинг с помощью водного зонда, а также написание статьи и ее редактирование, формирование общих выводов по состоянию воды в реке Урполанйоки.

Маркова М.В. – проведение мониторинга качества воды в реке Урполанйоки (Миккели, Финляндия) в рамках реализации проекта «Луга-Балт2» в Университете прикладных наук Юго-Восточной Финляндии, включая лабораторные исследования по всем показателям качества воды, взятие проб воды и онлайн-мониторинг с помощью водного зонда, анализ полученных результатов, подготовка необходимых расчетов и визуальных материалов, а также написание статьи и ее редактирование, финско-русский перевод.

Васильев Э.В. – проведение мониторинга реки Луга в Ленинградской области, анализ его результатов, подготовка заключения по реке Луга, общее форматирование статьи.

Оглуздин А.С. – отбор проб в реке Луга, их агрохимический анализ, подготовка экспертного заключения по состоянию воды.

Васильева Н.С. – обработка результатов исследования по реке Луга, общая визуализация и литературный анализ.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The coauthors' contributions:

Ranta-Korhonen T. – monitoring the water quality in the Urpolanjoki River (Mikkeli, Finland) within the Luga-Balt2 project at the South-Eastern Finland University of Applied Sciences, including laboratory studies, water sampling and online monitoring using a water probe, as well as writing and editing the article, forming general conclusions on the water state in the Urpolanjoki River.

Markova M.V. – monitoring the water quality in the Urpolanjoki River (Mikkeli, Finland) within the Luga-Balt2 project at the South-Eastern Finland University of Applied Sciences, including laboratory studies on all water quality indicators, water sampling and online monitoring using a water probe, the analysis of the results obtained, preparing necessary calculations and visual materials, as well as writing and editing the article, Finnish-Russian translation.

Vasilev E.V. – monitoring the Luga River in the Leningrad region, the analysis of monitoring results, preparing the conclusions on the Luga River, the article general formatting.

Ogluzdin A.S. – sampling in the Luga River, agrochemical analysis of the selected samples preparing an expert report on the water state

Vasileva N.S. – processing the results of the Luga River study, general visualization and literature analysis.

The authors read and approved the final manuscript.