

УДК 631.453:546.3 (470.331)

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОБ ВОДЫ ИЗ ОЗЕР ПЕНО И СОБЛАГО ПЕНОВСКОГО РАЙОНА ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

А.Н. Панкрушина, К.М. Чикурова, Д.И. Игнатьев

Тверской государственный университет, Тверь

Проведено комплексное исследование образцов проб воды, взятых из оз. Пено и оз. Соблаго Пеновского района Тверской области: определены значения ХПК, БПК, эпидемиологические показатели, изучено содержание ряда химических элементов – загрязнителей водных экосистем. По результатам проведённого исследования сделан вывод об удовлетворительном состоянии изученных озерных экосистем Тверской области, что свидетельствует об их определённой адаптации к оказываемым антропогенным нагрузкам.

Ключевые слова: Тверская область, Пеновский район, загрязнение, озёра, комплексное исследование.

DOI: 10.26456/vtbio181

Введение. Пеновский район Тверской области России расположен в 245 км от областного центра (г. Тверь) на Валдайской возвышенности (высоты до 300 м). Площадь района – 2385 км², располагается в западной части Тверской области и граничит с Осташковским районом на северо-востоке; с Селижаровским районом – на юго-востоке; с Новгородской областью (Марёвский район) – на северо-западе; с Андреапольским районом – на юго-западе. На территории района умеренно – континентальный климат, характерный для центрально – европейской части России (средняя полоса РФ), с ярко – выраженной сезонностью (средняя годовая температура + 4°С) и значительным годовым выпадением осадков (500 – 600 мм в год) по сравнению с центральной и восточной частью Тверской области (Нотов, 2009).

По территории района протекают реки Волга, Западная Двина, Жукопа, Волкота, Руна, Кудь и другие. В районе расположено более 130 озёр, а также множество верховых болот. Озёра Пено и Соблаго – наиболее крупные, представляющие собой своеобразные природные комплексы со своими геоморфологическими, гидрологическими, микроклиматическими, а также биотическими особенностями. Загрязнение озёр различными поллютантами, в том числе тяжёлыми металлами, является важным фактором, влияющим на состояние

озерных экосистем.

Целью данной работы явилась оценка загрязнения проб воды из оз. Пено и оз. Соблаго Пеновского района Тверской области по физико-химическим и микробиологическим показателям.

Методика. На основе данных о промышленной инфраструктуре и природно-климатических условиях были выбраны 2 объекта для анализа качества поверхностных вод: оз. Пено, оз. Соблаго. Общие данные о пунктах отбора проб воды объектах в Пеновском районе представлены в табл. 1.

Таблица 1

Краткая характеристика пунктов отбора проб воды

Объект исследования	Местоположение объекта	Место взятия проб	Предполагаемые источники загрязнения
оз. Пено	Тверская обл., Пеновский р-н, северо-запад пгт. Пено	Центр озера	ливневые воды с автомобильных дорог, притоки вод с торфяных болот, близ расположенные жилые дома (частные хозяйства), поверхностные стоки с почвенного покрова, приток подземных вод
оз. Соблаго	Тверская обл., Пеновский р-н, в 4-х км юго- западнее от с. Соблаго	Центр озера	ливневые стоки с близко расположенной автодороги и железнодорожных путей, поверхностные стоки с почвенного покрова, приток подземных вод

Отбор проб осуществлялся батометром по Боголюбову (Емельянова, Николаева, 2013) в зимнюю межень (февраль 2019 г.) и весеннее половодье (апрель 2019 г.) в серединах гидрологических объектов (рис. 1.) по слоям: приповерхностный слой, в толще воды, придонный слой.

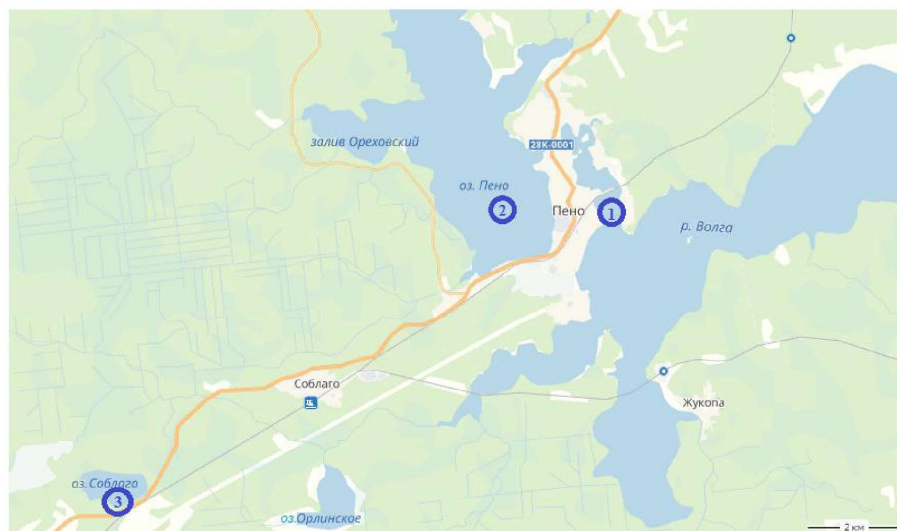


Рис. 1. Схема расположения пунктов отбора проб воды в Пеновском районе.

Пробы воды, взятые из оз. Пено и оз. Соблаго подвергали комплексному анализу (табл. 2).

Таблица 2

Методики комплексного анализа исследуемых гидрологических объектов Пеновского района

Вид анализа	Глубина взятия проб, норматив	Методика выполнения анализа	Оборудование (измерительный прибор)	Нормативы
Лабораторное исследование воды открытых водоемов	0,5 м от поверхности, ГОСТ 31861-2012	ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97, ПНД Ф 14.1:2:3:100-97	Термостат с водяным охлаждением, БПК-тестер, аквариумный микро-компрессор АЭН ТУ 16-064,011, реактивы и др.	СанПиН 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод

Элементный анализ (физико-химический) проб поверхностных вод	0,5 м от поверхности; 1,5 -3 м от поверхности/дна; 0,5 м от дна, ГОСТ 17.1.5.05-85	ЦВ 3.19.08-2008 (ПНДФ 14.1:2:4.135-98)	Атомно-эмиссионный спектрометр и индуктивно-связанной плазмой iCAP 6300 Duo (Thermo Scientific, USA)	Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13.12.2016 г. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения
Микробиологический анализ проб воды	0,5 м от поверхности, ГОСТ 31942-2012 (ISO 19458:2006)	МУК 4.2.1884-04	Термостаты, лабораторная посуда, шуттель-аппара, чашки-Петри, реактивы и др.	СанПиН 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод

Данные результата АЭС-ИСП-анализа использовались для расчетов коэффициента комплексности загрязненности воды, согласно РД 52.24.643-2002 (РД 52.24.643-2002, 2002).

Результаты и обсуждение. В исследованных пробах из оз. Пено и оз. Соблаго АЭС-ИСП-анализом поверхностных вод в зимнюю межень 2019 г. были обнаружены химические элементы, входящие в три класса опасности (КО): 2 КО – Cd, Mo, Sb, Se, W; 3 КО – Cr, Cu, Sr, V; 4 КО - Al, Ba, Ca, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Sn (Приказ

Росрыболовства № 20..., 2010). В пробах из оз. Пено выявлены сильные превышения концентраций селена (Se), ванадия (V) и вольфрама (W). По остальным элементам превышений ПДК не зафиксировано. В пробах воды из оз. Соблаго кремний отмечен только в толще воды. Также выявлено значительное превышение концентрации селена (Se), ванадия (V) и вольфрама (W) (табл. 3).

Таблица 3

Значение концентрации Se, V, W (мг/м³)
в пробах воды в оз. Пено и оз. Соблаго в зимнюю межень 2019 г.

Химический элемент		0,5 м от поверхности	3 м от поверхности/дна	0,5 м от дна	Значение ПДК _{рх} , мг/дм ³
Se	оз. Пено	0,012±0,003	0,014± 0,002	0,013±0,002	0,002
	оз. Соблаго	0,013±0,002	0,010±0,0003	0,010±0,0009	
V	оз. Пено	0,008±0,0017	0,010±0,0007	0,009±0,0003	0,001
	оз. Соблаго	0,007±0,001	0,007±0,0004	0,007±0,0003	
W	оз. Пено	0,026±0,0023	0,014±0,0008	0,022±0,0018	0,0008
	оз. Соблаго	0,0176±0,002	0,0229±0,003	0,0172±13,7	

Результаты определения содержания химических элементов в пробах воды из о. Пено и оз. Соблаго в период весеннего половодья 2019 г. выявили общее снижение числа химических элементов с 21 (в зимнюю межень) до 19 элементов (не выявлены концентрации кадмия и меди). В пробах из оз. Пено отмечены значительные превышения концентраций железа (Fe), ванадия (V) во всех исследованных слоях гидрологического объекта. Превышены нормативы ПДК по марганцу (Mn) в приповерхностных и придонных слоях и вольфраму (W) в придонном слое и в толще соответственно. По остальным элементам превышений ПДК не зафиксировано. В пробах воды из оз. Соблаго выявлено превышение ПДК по ванадию, железу и вольфраму в верхнем и срединном слоях воды в точках отбора, по титану и алюминию – в придонном (табл. 4).

Выявлена разница как в сравнительном качественном и количественном содержании химических элементов в пробах воды из оз. Пено и оз. Соблаго; так и в различные периоды (зимний и весенний) и в разных слоях воды в точках отбора проб. Характер распределения химических элементов, их миграции в гидрологических объектах зависят прежде всего от свойств составляющих (растворимость в воде элементов, концентрация, распространенность, форма), типа водного объекта (поверхностные, подземные, минеральные и др.), биотических и абиотических факторов, включая поступление загрязняющих веществ с бытовыми, ливневыми, промышленными и иными стоками. Вследствие весеннего

половодного режима происходит перемешивание вод по всем слоям (уровням), вымывание донных отложений в результате увеличения скорости течения и притоков подземных вод. Различие концентраций некоторых химических элементов в приповерхностных, срединных и придонных слоях может быть связано со значительным количеством донных отложений в оз. Соблаго и оз. Пено и, как следствие, с деятельностью донной микробиоты (Гусева, Копылова, Солдатов, 2013).

Таблица 4

Значение концентрации химических элементов, превышающих значения ПДК_{рх} (мг/м³), в пробах воды в оз. Пено и оз. Соблаго в весеннее половодье 2019 г.

Химический элемент		0,5 м от поверхности	3 м от поверхности/дна	0,5 м от дна	Значение ПДК _{рх} , мг/дм ³
Fe	оз. Пено	0,22±0,007	0,20±0,002	0,22±0,0069	0,1
	оз. Соблаго	0,11±0,003	0,12±0,002	0,01±0,002	
V	оз. Пено	0,009±0,0005	0,010±0,001	0,010±0,0005	0,001
	оз. Соблаго	0,006±0,0008	0,007±0,0008	—	
W	оз. Пено	0,0007±0,0006	0,002±0,0008	0,001±0,005	0,0008
	оз. Соблаго	0,0006±0,002	—	—	
Mn	оз. Пено	0,02±0,0022	0,01±0,0001	0,02±0,004	0,01
	оз. Соблаго	0,002±0,0003	0,001±0,0004	0,006±0,0004	
Al	оз. Пено	0,001±0,0035	0,001±0,0008	0,004±0,002	0,04
	оз. Соблаго	0,005±0,0005	0,008±0,001	0,70±0,02	
Ti	оз. Пено	0,0002±0,00002	0,0001±0,00001	0,0001±0,00005	0,06
	оз. Соблаго	—	—	0,0001±0,00004	

На основании расчета коэффициента комплексности загрязненности вод оз. Пено и оз. Соблаго в анализируемые периоды выявлена высокая комплексность загрязненности, при этом большая часть загрязняющих веществ представлена металлами: алюминий, железо, марганец, ванадий, вольфрам.

Значения показателей химического и биохимического потребления кислорода и микробиологического исследования в зимнюю межень и весеннее половодье 2019 г. в пробах воды оз. Пено и оз. Соблаго соответствуют нормативному уровню и гигиеническим нормативам.

Заключение. Оценка загрязнения проб воды, взятых из оз. Пено и оз. Соблаго Пенковского района Тверской области по физико-химическим и эпидемиологическим показателям выявила достаточно высокую комплексность загрязненности данных гидрологических

объектов. Большая часть загрязняющих веществ представлена металлами: алюминий, железо, марганец, ванадий, вольфрам, тогда как микробиологические показатели и значения БПК и ХПК соответствуют принятым нормативам.

Список литературы

- Администрация Пеновского района Тверской области.* 2019 [Электронный ресурс] / Институт информационных технологий. Режим доступа: <http://www.penoadm.ru/index1/simvol.html>.
- ГОСТ Р 31861-2012* Вода. Общие требования к отбору проб. 2013.10.28. М.: Стандартинформ, 2013. 31 с.
- ГОСТ 31942-2012 (ISO 19458:2006)* Вода. Отбор проб для микробиологического анализа. 2014.01.01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 24 с.
- Гусева Н.В., Копылова Ю.Г., Солдатова Е.А.* 2013. Подвижность химических элементов в системе вода-донные отложения // Известия Томского политехнического университета. Сер. «Геохимия». Т. 323. № 1. С. 45-51.
- Емельянова А.А., Николаева Н.Е.* 2013. Организация учебной практики по зоологии: уч. пособие. Тверь: Твер. гос. ун-т. 100 с.
- Инвестиционный паспорт Пеновского района.* 2015 / Администрация Пеновского района. 21 с.
- МУК 4.2.1884-04.* Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов. [Электронный ресурс] / НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина РАМН и др. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/45/45900/#i513947>.
- Нотов А.А.* 2009. Адвентивный компонент флоры Тверской области: Динамика состава и структуры. Тверь: Тверской государственный университет. 473 с.
- Озеро Пено.* 2019 [Электронный ресурс] / Государственный водный реестр, Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Озеро Пено](https://ru.wikipedia.org/wiki/Озеро_Пено).
- Пеновский муниципальный район.* 2019 [Электронный ресурс] / Росстат, Режим доступа: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst28/DBInet.cgi>.
- ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97.* Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после п-дней инкубации (БПК полн.) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах. М.: Государственный комитет РФ по охране окружающей среды. 34 с.
- Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения от 13.12.2016 г. (с изменениями на 12 октября 2018 года)».* [Электронный ресурс] / Министерство сельского хозяйства РФ. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420389120>.
- Приказ Росрыболовства № 818 «Об установлении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения и особенностей вылова (добычи) водных биологических ресурсов, обитающих в них и отнесенных к объектам рыболовства от 17.09.2009».* [Электронный ресурс] / Федеральное агентство по рыболовству РФ. Режим доступа:

http://www.geotochka.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=835&Itemid=55.

РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Ростов-на-Дону: Росгидромет. 32 с.

СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. – М.: Минздрав России. 28 с.

Соблаго. 2019. [Электронный ресурс] / Государственный водный реестр, 2019. Режим доступа: <https://ru.Wikipedia.org/wiki/Соблаго>.

ASSESSMENT OF CONTAMINATION OF WATER SAMPLES FROM THE LAKE PENO AND LAKE SOBLAGO OF THE PENOVSKY DISTRICT OF THE TVER REGION ON PHYSICAL, CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL INDICATORS

A.N. Pankrushina, K.M. Chikurova, D.I. Ignatiev
Tver State University, Tver

We studied the water samples taken from two lakes of Penovsky District in Tver Region. We assessed the values of COD and BOD, epidemiological indicators, the content of pollutants in aquatic ecosystems. Lakes Peno and Sobлаго are in a relatively good condition. This is partially due to the lakes' ability to withstand the anthropogenic loads.

Keywords: *Tver Region, Peno District, pollution, lakes, complex research.*

Об авторах:

ПАНКРУШИНА Алла Николаевна – доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии и физиологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, email: Pankrushina.AN@tversu.ru.

ЧИКУРОВА Кристина Михайловна – магистрант 2 курса биологического факультета, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, email: kmchikurova@edu.tversu.ru.

ИГНАТЬЕВ Данила Игоревич – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и физиологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, email: Ignatiev.DI@tversu.ru.

Панкрушина А.Н. Оценка загрязнения проб воды из озер Пено и Соблаго Пеновского района Тверской области по физико-химическим и микробиологическим показателям / А.Н. Панкрушина, К.М. Чикурова, Д.И. Игнатьев // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2020. № 4(60). С. 180-187.