



Издатель

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»
Российская Федерация, г.Петрозаводск, пр.Ленина,33

Научный электронный журнал

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

<http://ecopri.ru>

№ 3 (45). Сентябрь, 2022

Главный редактор

А. В. Коросов

Редакционный совет

В. Н. Большаков
А. В. Воронин
Э. В. Ивантер
Н. Н. Немова
Г. С. Розенберг
А. Ф. Титов
Г. С. Антипина
В. В. Вапиров
А. М. Макаров

Редакционная коллегия

Т. О. Волкова
Е. П. Иешко
В. А. Илюха
Н. М. Калинкина
J. P. Kurhinen
А. Ю. Мейгал
J. B. Jakovlev
В. Krasnov
А. Gugotek
В. К. Шитиков
В. Н. Якимов

Службы поддержки

А. Г. Марахтанов
Е. В. Голубев
С. Л. Смирнова
Н. Д. Чернышева
М. Л. Киреева

ISSN 2304-6465

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г.Петрозаводск, пр. Ленина, 33. Каб. 453

E-mail: ecopri@psu.karelia.ru

<http://ecopri.ru>





УДК 504.05, 504.06

ОЦЕНКА ПОСТУПЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В УГЛИЧСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ С ПОВЕРХНОСТНЫМ СТОКОМ С ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ

ЛАЗАРЕВА
Галина Александровна

*к. б. н., Государственный университет «Дубна»,
lazarevg@mail.ru*

ШАХОВА
Наталья Александровна

*ФГБУ «Центррегионводхоз» Дубнинская экоаналитическая
лаборатория, lazarevg@mail.ru*

АНИСИМОВА
Ольга Витальевна

*к. г.-м. н., Государственный университет «Дубна»,
ol_anisimova@mail.ru*

Ключевые слова:
диффузное загрязнение
гидрохимические
показатели
объем поступления
загрязняющих веществ
поверхностный сток
Угличское
водохранилище

Аннотация: С целью изучения поступления загрязняющих веществ в водные объекты с поверхностным стоком и поиска математических методов его расчета был предложен алгоритм исследования, согласно которому на первом этапе производится расчет объемов поверхностного стока и массы удельного выноса загрязняющих веществ с прибрежной территории (шириной 200 м), расположенной в районе изучаемого створа (с учетом характера подстилающей поверхности, климатических характеристик и др.); на втором этапе проводится химический анализ вод по приоритетным гидрохимическим показателям; на третьем – анализируются и сравниваются расчетные (с учетом разбавления реки) и фактические данные по приоритетным показателям. Алгоритм был применен при исследовании верхних створов Угличского водохранилища в районе г. Дубна и г. Кимры (д. Абрамово). В оценке вклада поверхностного стока с селитебных территорий использовались только приоритетные показатели: взвешенные вещества, нефтепродукты, ХПК. Данные химического анализа вод водохранилища были усреднены за 4 года наблюдения. Результаты, полученные расчетным методом, сравнены с фактическими данными лабораторного химического анализа вод. Произведена оценка массы годового поступления загрязняющих веществ с поверхностным стоком с прибрежной территории. Показано, что сток с исследованных прибрежных территорий не единственный источник загрязнения в районе изученных створов. Учитывая характер застройки (преобладание индивидуальной жилой застройки без централизованной системы канализации, с выгребными ямами и септиками), существенный вклад в загрязнение вод может быть обусловлен неорганизованным стоком хозяйственно-бытовых вод, а также привнесением загрязняющих веществ притоками – водоотводными канавами, р. Кимрка и др.

© Петрозаводский государственный университет

Получена: 09 июня 2022 года

Подписана к печати: 02 октября 2022 года

Введение

Для сохранения качества поверхностных вод, предотвращения дефицита чистой воды представляется важным проводить оценку объемов поступления загрязняющих веществ от неорганизованных, рассредоточенных, площадных (диффузных) источников, расположенных в непосредственной близости от водных объектов, в их прибрежной зоне. Такая оценка может способствовать более точному выбору водоохраных мероприятий, проводимых с целью минимизации загрязнения и ликвидации отрицательного антропогенного воздействия на водные объекты.

Диффузное загрязнение, формирующееся на водосборной территории, особенно значительно в сельскохозяйственных районах (его компонентами чаще всего являются вымываемые с полей удобрения, ядохимикаты и другие продукты эрозии), а величина загрязнения во многом зависит от величины стока с водосбора, особенно поверхностного со склонов (Коронкевич, Долгов, 2017). Одним из мощных источников диффузного загрязнения водных объектов стала массовая застройка берегов в непосредственной близости от уреза воды, особенно в пределах водоохраных зон и прибрежных защитных полос (Ясинский и др., 2019). Характерная для урбанизированных территорий повышенная антропогенная нагрузка приводит к увеличению в поверхностном стоке концентраций веществ как природного, так и техногенного происхождения. Качественный и количественный состав вод с таких территорий зависит от многих параметров. К таковым можно отнести: загрязненность атмосферы, наличие строительных площадок и промышленных предприятий, интенсивность транспортного движения, санитарное состояние водосборных площадей, степень благоустройства территории, плотность населения, вид поверхностного покрова, метеорологические параметры (интенсивность и продолжительность дождей, продолжительность сухой погоды предшествующего периода, интенсивность весеннего снеготаяния).

Попадающие в водоемы и водотоки дождевые и талые воды с урбанизированных территорий могут представлять значительную опасность загрязнения водных объектов различными примесями природного и техногенного происхождения. Основными загрязняющими веществами, выносимыми с поверхностным стоком с селитебных тер-

риторий, являются: бытовой мусор (листья, ветки, бумажные и пластмассовые упаковки, пробки, тряпье и пр.), продукты эрозии почвы, биогенные вещества (соединения азота, фосфора, углерода), пыль, вымываемые компоненты дорожных покрытий и строительных материалов, нефтепродукты (проливы автомасел и топлива), соли (в основном хлориды, применяемые в зимний период для борьбы с гололедом), микробиологическое загрязнение (Лазарева и др., 2020). В качестве приоритетных показателей можно выделить содержание взвешенных веществ, нефтепродуктов и значение ХПК (мера содержания органического вещества).

При моделировании стока загрязняющих веществ с водосбора необходимо использовать пространственно распределенные параметры территории, для этих целей используются ГИС как инструмент выделения в изучаемых гидрологических системах частных водосборов и однотипных в природном и хозяйственном отношении участков (Яковченко, Михайлов, 2000).

Цель работы – оценка объемов годового поступления загрязняющих веществ с поверхностным стоком с прибрежных территорий в районе двух створов Угличского водохранилища, расположенных у г. Дубна и г. Кимры, с применением расчетного метода.

Материалы

Оценка объемов поступления загрязняющих веществ с поверхностным стоком с прибрежных территорий проводилась для двух верхних створов Угличского водохранилища, расположенных в районе г. Дубна (створ 1) и г. Кимры (створ 2) (рис. 1).

Угличское водохранилище расположено в пределах Московской, Тверской и Ярославской областей. Это водохранилище руслового (речного) типа. На берегах водоема расположены города Дубна, Кимры, Калязин, Углич, пгт Белый Городок, ряд деревень и поселков. Площадь водохранилища составляет 24,9 тыс. га, длина – 143 км, средняя ширина – 2,2 км, максимальная – 5 км, средняя глубина – 5,0 м. Мелководья с глубинами менее 5 м занимают около 36 % общей площади.

Со стоком Волги в Угличское водохранилище поступает около 71 % от общего поступления воды, на долю боковых притоков приходится около 29 % от общего поверхностного притока воды (Григорьева, 2020).

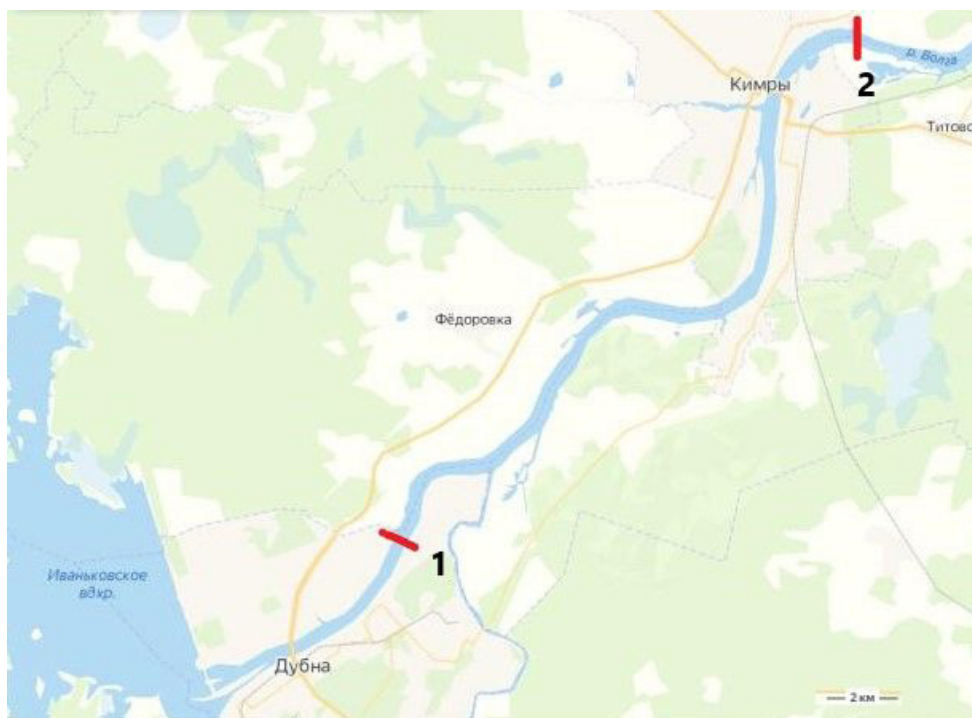


Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб: створ 1 – г. Дубна, Северная канава; створ 2 – д. Абрамово, ниже г. Кимры

Fig. 1. Schematic map of sampling stations: station 1 – Dubna, Severnaya Kanava; station 2 – Abramovo village, below Kimry

Среднегодовое число осадков по району исследования составляет 550–750 мм. Максимальные значения количества осадков приходятся на июнь – июль (до 80–90 мм). Снежный покров устанавливается в самом конце ноября и держится до середины марта, достигая мощности 40–60 см (СП 131.13330.2018).

Площадь территории г. Дубна и г. Кимры составляет 7044 и 4400 га, численность населения на 2021 г.: 74499 и 42301 человек соответственно (Численность..., 2021).

Методы

Для реализации поставленной цели был разработан и применен алгоритм, предполагающий три этапа.

На первом этапе производился расчет объемов поверхностного стока и массы удельного выноса загрязняющих веществ с прибрежной территории, расположенной в районе изучаемого створа, учитывая характер подстилающей поверхности, климатические и гидрологические характеристики в районе исследуемых створов.

На первом этапе проводился:

- Анализ космических снимков исследуемой территории и определение площадей объектов в пределах полосы

шириной 200 м от береговой линии (соответствует водоохранной зоне водохранилища) и длиной около 1 км (выше по течению от исследуемых створов).

- Расчет среднегодового стока ($\text{м}^3/\text{год}$) дождевых и талых вод согласно положениям «Методических указаний по расчету объемов принятых (отведенных) поверхностных сточных вод» (Методические указания..., 2014), а также «Методики разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей» (Методика..., 2020). Учитывались такие параметры, как среднегодовое количество осадков в виде дождя, запас воды в снежном покрове к началу снеготаяния, коэффициент, характеризующий поверхность водосбора, коэффициент стока для снежного покрова.

- Расчет разбавления поверхностного стока с прилегающей территории массой вод водного объекта с применением коэффициента общего разбавления вод по методу В. А. Фролова – И. Д. Родзиллера и начального разбавления по методу Н. Н. Лапшева (Методика..., 2020).

На втором этапе – химический анализ вод водохранилища по приоритетным показателям (взвешенные вещества, нефтепродукты, ХПК).

На третьем этапе:

- Сравнение фактических данных содержания приоритетных показателей в пробах воды исследуемых створов и расчетных значений, полученных для данных створов с учетом разбавления реки.
- Оценка массы годового поступления веществ с поверхностным стоком.

Химический анализ проб воды в изучаемых створах водохранилища проводился на базе ФГБУ «Центррегионводхоз» Дубнинской экоаналитической лаборатории (ДЭАЛ) по 22 показателям (Шахова и др., 2019; Лазарева, 2016а). В оценке вклада поверхностного стока с селитебных территорий использовались только приоритетные показатели: взвешенные вещества, нефтепродукты, ХПК.

Для расчета объема среднегодового поверхностного стока и определения объема загрязняющих веществ, поступающих в водоем с прилегающей территории, необходимо было определить площади участков, занятых различными объектами – одноэтажной жилой застройкой, зелеными насаждениями (растительность), дорогами и т. д. Для этого было проведено дешифрирование космических снимков исследуемой территории и определение площадей объектов при помощи программы MapInfo (Лазарева и др., 2020).

Расчет объема среднегодового поверхностного стока в районе изучаемых створов производился для прибрежной территории, ширина которой соответствовала ширине водоохранной зоны водохранилища (200 м от береговой линии), длина составляла около 1 км (выше по течению от исследуемых створов).

Вынос загрязняющих веществ притоками не учитывался (на исследуемых участках к таким водотокам относятся Северная и Южная водоотводные канавы – в районе створа г. Дубна (Лазарева, Панина, 2016б), р. Кимрка – в районе створа в г. Кимры (д. Абрамово)).

При выполнении расчетов объема среднегодового поверхностного стока руководствовались положениями «Методических указаний по расчету объемов принятых (отведенных) поверхностных сточных вод» (Методические указания..., 2014), а также «Методикой разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей» (Методика разработки..., 2020). Показатели, характеризующие примерный состав поверхностного стока для различных участков водосборных поверхностей территорий, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Примерный состав поверхностного стока для различных участков водосборных поверхностей (Методические указания..., 2014)

Площадь стока	Показатели загрязнения, мг/дм ³					
	дождевой сток			талый сток		
	взвеш. вещества	ХПК	нефтепродукты	взвеш. вещества	ХПК	нефтепродукты
Участки селитебной территории с высоким уровнем благоустройства и регулярной механизированной уборкой <u>дорожных покрытий</u>	400	300	8	2000	700	20
Современная <u>жилая застройка</u>	650	480	12	2500	1000	20
Магистральные улицы с <u>интенсивным движением транспорта</u>	1000	610	20	3000	1200	25
Территории, прилегающие к <u>промышленным предприятиям</u>	2000	650	18	4000	1500	25
Кровли зданий и <u>сооружений</u>	< 20	< 80	0.01–0.70	< 20	< 100	0.01–0.70
Территории с преобладанием <u>индивидуальной жилой застройки; газоны и зеленые насаждения</u>	300	400	< 1	1500	1000	< 1

Результаты

Прибрежные территории в районе исследуемых створов расположены на участках с различными природно-антропогенными условиями. Так, в районе створа г. Дубна преобладают неэксплуатируемые земли, покрытые травянистой растительностью, жилая застройка отсутствует. В районе створа

г. Кимры преобладает индивидуальная жилая застройка (без подключения к централизованной системе канализации).

На рис. 2 и 3 приведены результаты обработки космических снимков районов исследуемых створов водохранилища в пределах прибрежной территории – полосы шириной 200 м (водоохранной зоны).

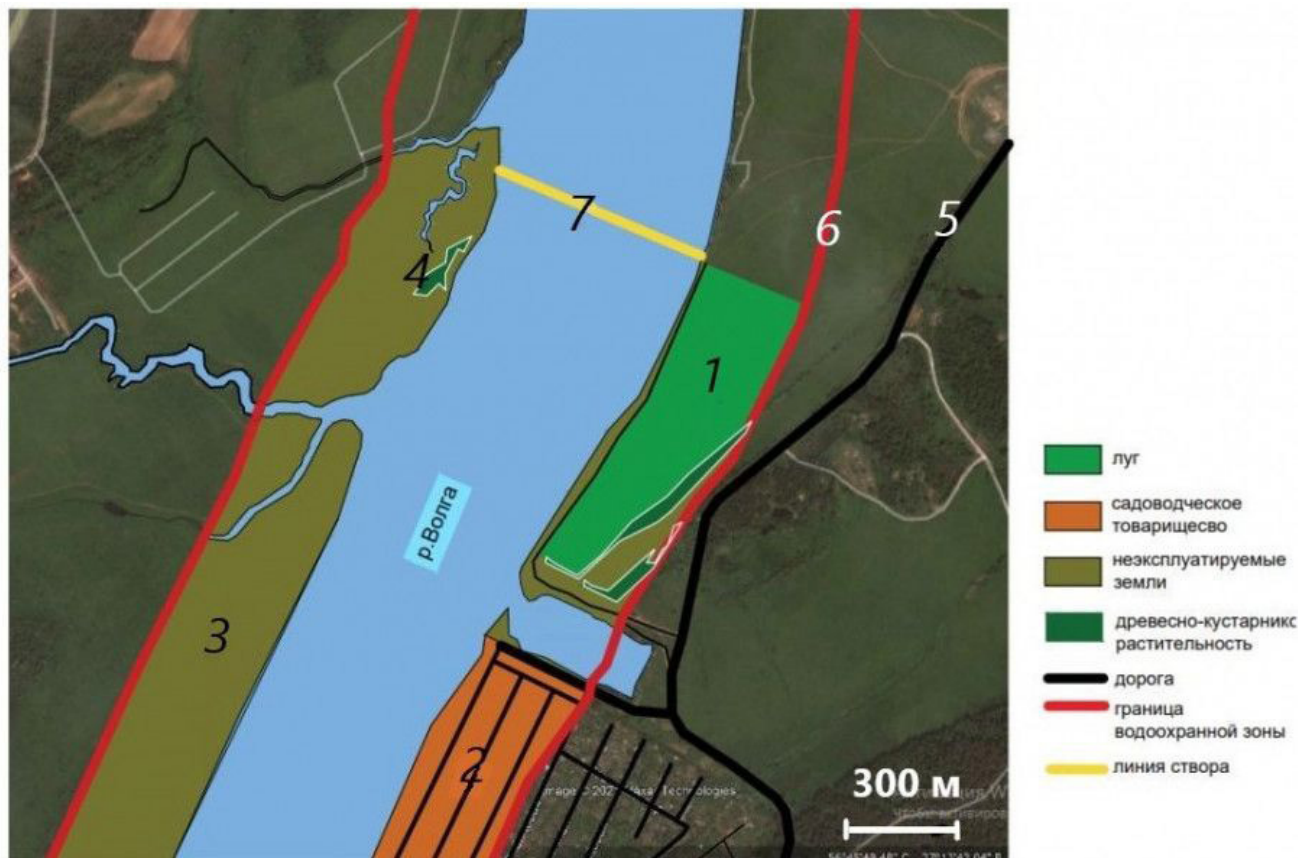


Рис. 2. Природно-техногенные объекты в районе створа № 1 (г. Дубна): 1 – луг, 2 – садоводческое товарищество, 3 – неэксплуатируемые земли, 4 – древесно-кустарниковая растительность, 5 – дорога, 6 – граница водоохранной зоны, 7 – линия створа

Fig. 2. Natural and man-made objects in the area of the station No 1 (Dubna): 1 – grassland, 2 – horticultural association, 3 – unused land, 4 – tree and shrub vegetation, 5 – road, 6 – border of the water protection zone, 7 – station line

В районе створа г. Дубна были выделены следующие объекты: луг, неэксплуатируемые земли (неиспользуемые земли), древесно-кустарниковая растительность, садовое товарищество «Мичуринец», дороги (см. рис. 2). Около 43 % площади относится к территориям, являющимся потенциальным источником таких загрязняющих веществ, как органические вещества, соединения азота, фосфора, а также нефтепродуктов.

В районе створа №2, г. Кимры (см. рис. 3),

были выделены следующие объекты: одноэтажная жилая застройка, древесно-кустарниковая растительность, неэксплуатируемые земли, песчаный берег, промышленная зона (территория порта), дороги. Результаты расчетов площадей (табл. 2) показали, что около 60 % исследованной территории является потенциальным источником таких загрязняющих веществ, как взвешенные вещества, органические вещества, минеральные соли, нефтепродукты.

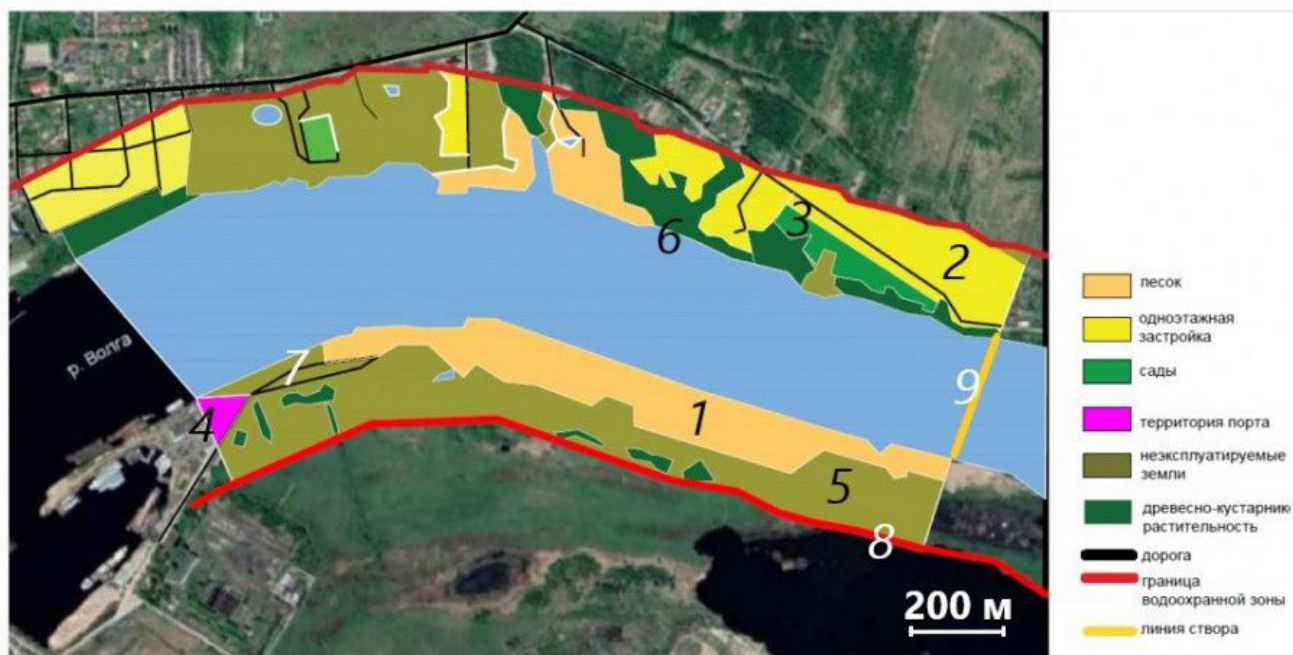


Рис. 3. Природно-техногенные объекты в район створа № 2 (г. Кимры): 1 – песок, 2 – одноэтажная застройка, 3 – сады, 4 – территория порта, 5 – неэксплуатируемые земли, 6 – древесно-кустарниковая растительность, 7 – дорога, 8 – граница водоохранной зоны, 9 – линия створа

Fig. 3. Natural and man-made objects in the area of the station No 2 (Kimry): 1 – sand, 2 – one-storey buildings, 3 – gardens, 4 – port territory, 5 – unused land, 6 – tree and shrub vegetation, 7 – road, 8 – border of the water protection zone, 9 – station line

Таблица 2. Площади формирования поверхностного стока с прибрежной полосы в районе исследуемых створов

Площадь стока	Площадь формирования дождевого стока	Створ в р-не г. Дубна, м ² (га)	Створ в р-не г. Кимры, м ² (га)
Территории с преобладанием индивидуальной жилой застройки; газоны и зеленые насаждения	Одноэтажная жилая застройка	–	95346.0 (9.53)
	Древесно-кустарниковая растительность	12530.0 (1.25)	70063.0 (7.01)
	Садовое товарищество, сады	83530.0 (8.35)	24103.0 (2.41)
	Луг	93112.0 (9.31)	–
	Неэксплуатируемые земли	314363.0 (31.44)	236360.0 (23.64)
	Песок (песчаный берег)	–	158543.0 (15.85)
	Итого	503535.0 (50.35)	760190.0 (76.01)
Магистральные улицы с интенсивным движением транспорта	Дороги	7389.0 (0.74)	8334.0 (0.83)
	Общая площадь исследуемой территории (в пределах водоохранной зоны)	510924.0 (51.09)	589824.0 (58.98)

Для определения количества ЗВ, выносимых с исследованной территории, проводили расчет среднегодового стока (м³/год) дождевых и талых вод. При этом учитывались такие параметры, как среднегодовое количество осадков в виде дождя (Н_д), запас воды в снежном покрове к началу снеготаяния (Н_т), коэффициент, характеризующий поверхность водосбора (Х_д, для асфальто-бетонные покрытий – 0.8, грунтовых покрытий – 0.2, газонов и зеленых насаждений – 0.1), коэффициент стока для снежного покрова (Х_т = 0.7).

Объем среднегодового дождевого стока (Q_д, м³/год) и талого стока (Q_т, м³/год) рассчитывали по формулам:

$$Q_d = 10 * N_d * S * X_d$$

$$Q_t = 10 * N_t * S * X_t$$

Объем среднечасового дождевого стока (q_{д, час}, м³/час) и талого стока (q_{т, час}, м³/час) рассчитывали по формулам:

$$q_{д, час} = Q_d / N / n$$

$$q_{т, час} = Q_t / N / n$$

При расчете среднечасового дождевого стока учитывается количество дождливых дней (N_д, дней) и средняя продолжительность одного дождя (n_д, часов). При расчете среднечасового талого стока учитывается период снеготаяния (N_т, дней) и суточная продолжительность снеготаяния (n_т, часов). Результаты расчета среднегодового стока (м³/год) представлены в табл. 3.

Таблица 3. Среднегодовой поверхностный сток вод с прибрежной территории (м³ в год / м³ в час)

Сток	Створ в р-не г. Дубна			Створ в р-не г. Кимры		
	Территории с преобладанием индивидуальной жилой застройки; газоны и зеленые насаждения	Магистральные улицы с интенсивным движением транспорта	Вся площадь	Территории с преобладанием индивидуальной жилой застройки; газоны и зеленые насаждения	Магистральные улицы с интенсивным движением транспорта	Вся площадь
Q _{дожд.}	27190.890 / 47.700	3192.050 / 5.600	30382.940 / 53.300	31558.410 / 55.370	2336.690 / 4.100	33895.100 / 59.470
Q _{снег.}	38772.200 / 387.720	568.950 / 5.690	39341.150 / 393.410	44999.960 / 450.000	416.490 / 4,160	45416.450 / 454.160
Q _{общее}	65963.090 / 435.430	3761.000 / 11.290	69724.090 / 446.710	76558.370 / 505.370	2753.180 / 8.260	79311.550 / 513.630

Результат расчета массы загрязняющих веществ, вынос которых возможен в водный объект с прибрежной территории, представлен в табл. 4.

Таблица 4. Расчетный удельный вынос с прибрежной территории, расположенной в районе изученных створов

Сток	Компоненты	Расчетная масса загрязняющих веществ, поступающих в водный объект, кг/год		Расчетная масса загрязняющих веществ, поступающих в водный объект, г/час	
		створ г. Дубна	створ г. Кимры	створ г. Дубна	створ г. Кимры
		Дождевой сток	Взвеш. вещества	11349.320	11804.210
ХПК (орг. вещества)	12823.510		14048.740	22.500	24.650
Нефтепродукты	91.032		78.290	0.160	0.140
Талый сток	Взвеш. вещества	59865.150	68749.410	598.650	681.250
	ХПК (орг. вещества)	39119.260	45499.750	394.550	454.160
	Нефтепродукты	53.000	55.410	0.530	0.450
Суммарно	Взвеш. вещества	71214.470	80553.620	618.560	701.960
	ХПК (орг. вещества)	51942.770	59548.490	417.050	478.810
	Нефтепродукты	144.030	133.700	0.690	0.590

Для сравнения данных химического анализа с расчетными данными по выносу загрязняющих веществ было учтено общее разбавление поверхностного стока массой вод водного объекта (кратность начального разбавления и основного разбавления):

$$n = n_n * n_o,$$

где n – кратность общего разбавления сточных вод в водотоке,

n_n – кратность начального разбавления,

n_o – кратность основного разбавления.

Коэффициент основного разбавления вод был рассчитан по методу В. А. Фролова – И. Д. Родзиллера, начального разбавления – по методу Н. Н. Лапшева (Методика..., 2020).

В расчете учитывали гидравлические условия на исследуемом участке водохранилища: коэффициенты извилистости и турбулентной диффузии, средняя скорость течения, средняя глубина, коэффициент шероховатости ложа и др.

Для района расчетных створов были по-

лучены схожие по значению коэффициенты общего разбавления, равные 250.

Сопоставление результатов, полученных в ходе расчета массы загрязняющих веществ, поступающих с поверхностным стоком с прибрежной территории, с фактическими данными химического анализа вод Дубнинской экоаналитической лаборатории приведено в табл. 5.

Результаты химического анализа вод водохранилища были усреднены за 4 года наблюдения. При этом для сравнения с предполагаемыми по приоритетным показателям значениями вод, поступающих с дождевым стоком с расчетных площадок, использовались данные за периоды, когда наблюдаются осадки в виде дождей (май – октябрь). Для сравнения поступления с талым стоком брались данные химического анализа, соответствующие месяцам максимального снеготаяния (март, апрель).

Таблица 5. Сравнение расчетных данных с фактическими данными лабораторного анализа

	Дождевой сток, мг/дм ³			Талый сток, мг/дм ³		
	взвеш. вещества	ХПК	нефтепродукты	взвеш. вещества	ХПК	нефтепродукты
В районе г. Дубна						
Расчетная величина концентрации ЗВ, выносимых с поверхностным стоком, мг/дм ³	19.910	22.500	0.160	598.650	394.550	0.530
Расчетная средневзвешенная величина с учетом разбавления реки, мг/дм ³	0.079	0.090	0.001	2.395	1.578	0.002
Фактические данные, полученные в лаборатории, мг/дм ³	3.000	46.860	0.058	6.500	31.860	0.072
В районе г. Кимры						
Расчетная величина концентрации ЗВ, выносимых с поверхностным стоком, мг/дм ³	20.710	24.650	0.140	681.250	454.160	0.450
Расчетная средневзвешенная величина с учетом разбавления реки, мг/дм ³	0.083	0.099	0.001	2.725	1.817	0.002
Фактические данные, полученные в лаборатории, мг/дм ³	26.000	29.340	0.092	15.375	37.700	0.064

Обсуждение

Расчетные величины количества взвешенных веществ с учетом разбавления водами водохранилища и фактические значения, полученные в результате химического анализа вод исследуемых створов Угличского водохранилища, различаются:

- для дождевого стока: створ г. Дубна в 38 раз (0.079 и 3.000 мг/дм³ соответственно),

створ г. Кимры в 313 раз (0.083 и 26.000 мг/дм³ соответственно);

- для талого стока: створ г. Дубна в 3 раза (395 и 6.500 мг/дм³ соответственно), створ г. Кимры в 5.6 раза (2.725 и 15.375 мг/дм³ соответственно).

Соотношения расчетных значений по ХПК и фактических значений различаются:

- для дождевого стока: створ г. Дубна в 521 раз (0.090 и 46.860 мг/дм³ соответствен-

но), створ г. Кимры в 296 раз (0.099 и 29.340 мг/дм³ соответственно);

- для талого стока: створ г. Дубна в 20 раз (1.578 и 31.860 мг/дм³ соответственно), створ г. Кимры в 21 раз (1.817 и 37.700 мг/дм³ соответственно).

По нефтепродуктам соотношения значений различаются:

- для дождевого стока: створ г. Дубна в 58 раз (0.001 и 0.058 мг/дм³ соответственно), створ г. Кимры в 92 раза (0.001 и 0.092 мг/дм³ соответственно);

- для талого стока: створ г. Дубна – в 36 раз (0.002 и 0.072 мг/дм³ соответственно), створ г. Кимры – в 32 раза (0.002 и 0.064 мг/дм³ соответственно).

Расчетные величины по приоритетным показателям (взвешенные вещества, ХПК, нефтепродукты, с учетом разбавления водами водохранилища) ниже фактических значений, полученных в результате химического анализа вод исследуемых створов Угличского водохранилища.

Таким образом, можно заключить, что вклад поверхностного стока с прибрежной территории составляет лишь малую часть загрязнения, поступающего в целом с водосбора (расчет которого в данном исследовании не проводился).

Также можно предположить, что, помимо поверхностного стока с прилегающих прибрежных территорий, существенный вклад в загрязнение вод в районе исследуемого створа вносят и иные источники.

Значительным фактором может быть привнесение загрязняющих веществ притоками: изучаемый створ в районе г. Дубна расположен в зоне влияния Южной и Северной водоотводных канав, створ в районе г. Кимры – в зоне влияния р. Кимрка (левого притока р. Волги (Угличского водохранилища)). При этом стоит отметить, что расчетные величины в обоих изученных створах по взвешенным веществам и по нефтепродуктам сопоставимы, однако фактическое содержание этих показателей в створе г. Кимры выше, чем в створе г. Дубна. Возможно, это связано с расположением второго створа в непосредственной близости от порта Кимры (900 м выше по течению).

Принимая во внимание характер застройки прибрежной территории, неучтенным при расчете источником поступления загрязняющих веществ в водохранилища может быть неорганизованный сток хозяйственно-бытовых вод. В частности, садовое товарищество «Мичуринец» в районе первого створа, ин-

дивидуальный жилой сектор в районе 2-го створа – объекты без централизованной системы канализации, с выгребными ямами и септиками.

Оценка годового поступления загрязняющих веществ в водный объект с поверхностным стоком показала, что расчетная масса (см. табл. 4) по взвешенным веществам для створов г. Дубна и г. Кимры составляет 71214.470 и 80553.620 кг/год соответственно, по нефтепродуктам – 144.030 и 133.700 кг/год, органического вещества (по значению показателя ХПК) – 51942.770 и 59548.490 кг/год. По значению показателя ХПК оценена масса поступления в водный объект углерода, содержащегося в органическом веществе (учитывая коэффициент отношения количества вещества эквивалента углерода к количеству вещества эквивалента кислорода, значения коэффициента составляет 0.375): для створа г. Дубна – 19478.539 кг/год, для створа г. Кимры – 22330.684 кг/год.

Заключение

Проведена оценка объемов годового поступления загрязняющих веществ с поверхностным стоком с прибрежных территорий в районе двух створов Угличского водохранилища с применением расчетного метода согласно предложенному алгоритму. Анализ полученных результатов показал, что в пробах вод, отобранных на изученных створах водохранилища, фактические значения по приоритетным показателям выше, чем расчетные. Такое соотношение полученных величин позволяет сделать следующие предположения:

- вклад загрязняющих веществ в Угличское водохранилище с поверхностным стоком с рассмотренных участков прибрежной территории составляет лишь малую часть загрязнения, поступающего со всего водосбора водохранилища (расчет которого в данном исследовании не проводился);

- есть иные, неучтенные в данном расчете, источники поступления загрязняющих веществ в воды водохранилища, помимо поверхностного стока с участков прибрежной территории (к таковым можно отнести неорганизованные стоки хозяйственно-бытовых вод, внутриводоемные процессы, привнесение загрязняющих веществ притоками);

- несоблюдение режима водоохранной зоны и прибрежных защитных полос способствует увеличению загрязнения водных объектов (застройка прибрежной территории,

без подключения к централизованной системе водоотведения, в т. ч. для отведения дождевых, талых, инфильтрационных и дренажных вод, размещение в непосредственной близости от уреза воды садоводческих товариществ, где осуществляется применение пестицидов и агрохимикатов и т. д.).

Результаты расчета показывают, что поверхностный сток с рассмотренных прибрежных территорий является значительным источником поступления загрязняющих

веществ в водные объекты.

Таким образом, можно заключить, что оценка объемов поступления загрязняющих веществ от неорганизованных, диффузных источников, расположенных в прибрежной зоне водных объектов, должна учитываться при выборе параметров хозяйственной деятельности и методов водоохраных мероприятий с целью сохранения качества поверхностных вод.

Библиография

- Григорьева И. Л. Закономерности и факторы формирования зимнего гидрохимического режима Угличского водохранилища // Водное хозяйство России. 2020. № 2. С. 52–64. DOI: 10.35567/1999-4508-2020-2-4.
- Коронкевич Н. И., Долгов С. В. Сток с водосбора как источник диффузного загрязнения рек // Вода и экология: проблемы и решения. 2017. № 4 (72). С. 103–110. DOI: 10.23968/2305-3488.2017.22.4.103-110.
- Лазарева Г. А. Оценка качества вод Угличского водохранилища по интегральным гидрохимическим показателям // Вестник МГОУ. Серия: Естественные науки. 2016а. № 2. С. 156–162. DOI: 10.18384/2310-7189-2016-2-158-164.
- Лазарева Г. А., Панина Е. В. Экологическое состояние искусственных водных объектов (на примере Северной и Южной водоотводных канав г. Дубна) // Вестник МГОУ. Серия: Естественные науки. 2016б. № 1. С. 70–77. DOI: 10.18384/2310-7189-2016-1-70-77.
- Лазарева Г. А., Новикова П. В., Ковалева О. И. Оценка поступления загрязняющих веществ с поверхностным стоком в Шлинское водохранилище // Международный научно-исследовательский журнал (International research journal). 2020. № 12 (102). Ч. 2. Декабрь. С. 74–77. DOI: 10.23670/IRJ.2020.102.12.047.
- Методические указания по расчету объемов принятых (отведенных) поверхностных сточных вод. Утверждены приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 17 октября 2014 года № 639/п. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=246883&ysclid=16y41fcbdj223679635> (дата обращения: 18.08.2022).
- Методика разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей. Утверждена приказом МПР России от 29 декабря 2020 года № 1118. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573275596#65201M> (дата обращения: 18.08.2022).
- СП 131.13330.2018. Свод правил. Строительная климатология. URL: <https://docs.cntd.ru/document/554820821?ysclid=16yo16s7li797923061> (дата обращения: 18.08.2022).
- Численность постоянного населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2021 года // Сайт Федеральной службы государственной статистики (РОССТАТ): URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/mun_obr2021.rar (дата обращения: 18.08.2022).
- Шахова Н. А., Лазарева Г. А., Ковалева О. И. Влияние антропогенной деятельности на Угличское водохранилище // Актуальные проблемы экологии: теория, практика, образование: Материалы научно-практической конференции, проведенной в рамках межрегионального молодежного экологического форума «Экореновация-2018» (Владимир, 28–30 ноября 2018. г.). Владимир: ВлГУ, 2019. С. 108–115.
- Ясинский С. В., Веницианов Е. В., Вишневская И. А. Диффузное загрязнение водных объектов и оценка выноса биогенных элементов при различных сценариях землепользования на водосборе // Водные ресурсы. 2019. Т. 46, № 2. С. 232–244. DOI: 10.31857/S0321-0596462232-244.
- Яковченко С. Г., Михайлов С. А. Применение ГИС для оценки нагрузки на водный объект от неточечных источников // Геоинформатика-2000: Труды Международной научно-практической конференции / Под ред. А. И. Рюмкина, Ю. Л. Костюка, А. В. Скворцова. Томск: Изд-во Томского ун-та, 2000. С. 195–199.

ASSESSMENT OF THE INFLOW OF POLLUTANTS INTO THE UGLICH RESERVOIR WITH SURFACE RUNOFF FROM THE COASTAL TERRITORY

LAZAREVA
Galina Aleksandrovna

PhD, Dubna State University, lazarevg@mail.ru

SHAKHOVA
Natalia Aleksandrovna

Dubna Ecoanalytic Laboratory, lazarevg@mail.ru

ANISIMOVA
Olga Vitalevna

PhD, Dubna State University, ol_anisimova@mail.ru

Keywords:

diffuse pollution
hydrochemical indicators
volume of pollutants
intake
surface runoff
Uglich reservoir

Summary: In order to study the inflow of pollutants into water bodies with surface runoff and search for mathematical methods for calculating it, a research algorithm was proposed. According to it, at the first stage, the calculation of the volume of surface runoff and the mass of specific removal of pollutants from the coastal territory (200 m wide) located in the area of the studied station (taking into account the nature of the underlying surface, climatic characteristics, etc.). At the second stage, a chemical analysis of waters is carried out according to priority hydrochemical indicators. At the third stage, calculated data on priority indicators (taking into account the dilution of the river) and actual ones are analyzed and compared. The algorithm was applied in the study of the upper stations of the Uglich reservoir in the area of Dubna and Kimry (Abramovo village). In assessing the contribution of surface runoff from residential areas, only priority indicators were used: suspended solids, petroleum products, chemical oxygen consumption. The data of chemical analysis of reservoir waters were averaged over 4 years of observation. The results obtained by the calculation method are compared with the actual data of laboratory chemical analysis of waters. The mass of the annual intake of pollutants with surface runoff from the coastal territory was estimated. It was shown that runoff from the studied coastal territories was not the only source of pollution in the area of the studied stations. Considering the nature of the development (the predominance of individual residential development without a centralized sewerage system, with cesspools and septic tanks), a significant contribution to water pollution may be due to unorganized runoff of household water, as well as the introduction of pollutants by tributaries – drainage ditches, the Kimrka River, etc.

Received on: 09 June 2022

Published on: 02 October 2022

References

- A set of rules. Construction climatology. URL: <https://docs.cntd.ru/document/554820821?ysclid=l6yo16s7li797923061> (data obrascheniya: 18.08.2022).
- Grigor'eva I. L. Regularities and factors of formation of the winter hydrochemical regime of the Uglich reservoir, *Vodnoe hozyaystvo Rossii*. 2020. No. 2. P. 52–64. DOI: 10.35567/1999-4508-2020-2-4.
- Koronkevich N. I. Dolgov S. V. Runoff from the catchment area as a source of diffuse pollution of rivers, *Voda i ekologiya: problemy i resheniya*. 2017. No. 4 (72). P. 103–110. DOI: 10.23968/2305-3488.2017.22.4.103-110.
- Lazareva G. A. Novikova P. V. Kovaleva O. I. Assessment of the inflow of pollutants from surface runoff into the Shlinsky reservoir, *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal (International research journal)*. 2020. No. 12 (102). Ch. 2. Dekabr'. P. 74–77. DOI: 10.23670/IRJ.2020.102.12.047.
- Lazareva G. A. Panina E. V. Ecological condition of artificial water bodies (on the example of the Northern and Southern drainage ditches of Dubna), *Vestnik MGOU. Seriya: Estestvennye nauki*. 2016b. No. 1. P. 70–77. DOI: 10.18384/2310-7189-2016-1-70-77.
- Lazareva G. A. Assessment of water quality of the Uglich reservoir by integral hydrochemical indicators, *Vestnik MGOU. Seriya: Estestvennye nauki*. 2016a. No. 2. P. 156–162. DOI: 10.18384/2310-7189-

2016-2-158-164.

- Methodological guidelines for calculating the volumes of received (diverted) surface wastewater. Utverzhdeny prikazom Ministerstva stroitel'stva i zhilishno-kommunal'nogo hozyaystva RF ot 17 oktyabrya 2014 goda No. 639/pr. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=246883&ysclid=l6y41fcbdj223679635> (data obrascheniya: 18.08.2022).
- Methodology for the development of standards for permissible discharges of pollutants into water bodies for water users. Utverzhdena prikazom MPR Rossii ot 29 dekabrya 2020 goda No. 1118. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573275596#6520IM> (data obrascheniya: 18.08.2022).
- Shahova N. A. Lazareva G. A. Kovaleva O. I. The impact of anthropogenic activity on the Uglich water reservoir, Aktual'nye problemy ekologii: teoriya, praktika, obrazovanie: Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii, provedennoy v ramkah mezhhregional'nogo molodezhnogo ekologicheskogo foruma «Ekorenovaciya-2018» (Vladimir, 28–30 noyabrya 2018. g.). Vladimir: VIGU, 2019. P. 108–115.
- The number of permanent population of the Russian Federation by municipalities as of January 1, 2021, Sayt Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki (ROSSTAT): URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/mun_obr2021.rar (data obrascheniya: 18.08.2022).
- Yakovchenko S. G. Mihaylov S. A. Application of GIS to assess the load on a water body from non-point sources, Geoinformatika-2000: Trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii, Pod red. A. I. Ryumkina, Yu. L. Kostyuka, A. V. Skvorcova. Tomsk: Izd-vo Tomskogo un-ta, 2000. C. 195–199.
- Yasinskiy S. V. Venicianov E. V. Vishnevskaya I. A. Diffuse pollution of waterbodies and assessment of nutrient removal under different land-use scenarios in a catchment area, Vodnye resursy. 2019. T. 46, No. 2. C. 232–244. DOI: 10.31857/S0321-0596462232-244.