УДК 504.75.05

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД Г. ДУБНЫ КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДОРОВЬЕ СРЕДЫ И НАСЕЛЕНИЯ

¹Кирпичев И.А., ¹Савватеева О.А., ²Джамалов Р.Г., ¹Старостин Е.А.

¹ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна» (государственный университет «Дубна»), Дубна,
e-mail: il.kirpi4iov@yandex.ru, ol_savvateeva@mail.ru, starostinudjin1@mail.ru;

²Институт водных проблем Российской академии наук, Москва, e-mail: roald@iwp.ru

Данная статья посвящена анализу состояния поверхностных вод рек Волги и Дубны в пределах наукограда Дубна Московской области. Город является небольшим по площади и количеству проживающего населения, не имеет крупных промышленных объектов, отличается большими площадями водных объектов и зеленых зон, а также характеризуется благоприятной экологической обстановкой. Однако в последние годы территория активно развивается, а общий антропогенный прессинг на среду повышается. Весьма важным фактом является использование вод реки Волги для водохозяйственных нужд города. Дубна имеет поверхностный источник водоснабжения, а река Дубна является основным притоком реки Волги в пределах городской черты. Анализ экологического состояния обеих рек позволяет выявить компоненты, содержание которых превышает установленные уровни ПДК. В целом воды реки Дубны более загрязнены, чем воды реки Волги. Город имеет несколько источников водосброса в р. Волгу, этот фактор создает дополнительные риски для здоровья населения. Также велика вероятность ухудшения ситуации в области очистки сточных вод, так как городские очистные сооружения функционируют уже на протяжении достаточно долгого времени и могут выполнять свою функцию недостаточно качественно. При условии активного разнопланового использования населением вод обоих водотоков можно говорить о наличии перорального, кожного и ингаляционного риска для здоровья населения от химического загрязнения поверхностных вод, который в настоящий момент времени характеризуется невысокими уровнями, но должен являться мониторинговым компонентом на указанной территории.

Ключевые слова: Волга, здоровье населения, загрязнение поверхностных вод, Дубна, экологические риски, экология города

ECOLOGICAL STATE OF SURFACE WATER IN DUBNA CITY AS ONE OF THE FACTORS OF IMPACT ON ENVIRONMENT AND POPULATION HEALTH

¹Kirpichev I.A., ¹Savvateeva O.A., ²Dzhamalov R.G., ¹Starostin E.A.

¹Dubna State University, Dubna, e-mail: il.kirpi4iov@yandex.ru;

²Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: roald@iwp.ru

This article is devoted to the analysis of the state of surface waters of the Volga and Dubna rivers within the science city Dubna, Moscow region. The city is small in terms of area and population, does not have large industrial facilities, is distinguished by large areas of water bodies and green zones, and is characterized by a favorable environmental situation. However, in recent years, the territory has been actively developing, and the general anthropogenic pressure on the environment is increasing. A very important fact is the use of the waters of the Volga River for the city's water needs, Dubna has a surface source of water supply, and the Dubna River is the main tributary of the Volga River within the city limits. Analysis of the ecological state of both rivers makes it possible to identify components whose content exceeds the established MPC levels. In general, the waters of the Dubna River are more polluted than the waters of the Volga River. The city has several spillway sources in the river. Volga, this factor creates additional risks to public health. There is also a high probability of a worsening of the situation in the field of wastewater treatment, since the city's wastewater treatment plants have been functioning for quite a long time and may not perform their function well enough. Subject to the active diverse use of the waters of both streams by the population, we can talk about the presence of oral, cutaneous and inhalation risk to public health from chemical pollution of surface waters, which is currently characterized by low levels, but should be a monitoring component in this territory.

Keywords: Volga river, population health, surface water pollution, Dubna, risks for health, urban ecology

Город Дубна – наукоград, находящийся в 120 км от Москвы, крупнейший в России центр исследований в сфере ядерной физики. Население города – около 75 000 человек, площадь территории составляет 6336 га, из которых 1090 га приходится на водные объекты, а 1490 га – лесные массивы. Город Дубна расположен на обоих берегах реки Волги и является фактически островом (рисунок): он ограничен Иваньковским водохранилищем,

каналом им. Москвы, реками Дубна и Сестра – притоками р. Волги. Также на территории Дубны имеется несколько озер. Таким образом, жизнь горожан и приезжающих в Дубну весьма тесно связана с водотоками и водоемами: развиты рыболовство и водные виды спорта, имеется достаточно много околотоварных зон отдыха и пляжей, а главное – город имеет поверхностный источник водоснабжения – реку Волгу (Угличское водохранилище).

Водохранилище было создано в 1939 г. в связи с необходимостью постройки Угличской ГЭС, находящейся в городе Углич. Водоем является водохранилищем руслового типа и берет начало на границе Тверской и Московской областей в районе г. Дубны. Для решения задачи водопользования жителей города вода из р. Волги поступает в насосную камеру, а затем проходит цикл очистки, позволяющий довести качество речной воды до состояния питьевой.

За прошедшие 80 лет водохранилище, как и его экосистема, претерпели серьезные изменения. Использование водоема в качестве источника питьевого водоснабжения города Дубны определяет особые требования к состоянию водных экосистем, а в большей мере – к качеству воды в водоеме. Еще одним существенным фактором является антропогенная нагрузка на водоем. На территории только лишь г. Дубны располагается 5 выпусков сточных вод, в том числе в водоохранной зоне (Северная и Южная дренажные канавы, 3 выпуска Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ)). Немаловажной является роль диффузионных источников.

На формирование качества воды р. Волги в районе г. Дубны могут также оказывать влияние процессы, протекающие в самой реке, а также значителен вклад Ивановского водохранилища, находящегося выше по течению.

Целью исследования является анализ состояния поверхностных вод рек Волги и Дубны в пределах г. Дубны для оценки экологических рисков для здоровья населения от химического загрязнения поверхностных вод. В последние годы на территории г. Дубны ведется активное строительство, открываются новые производства, увеличивается численность жителей, нарастает поток автотранспорта. Развитие урбанизированных территорий неминуемо приводит к поступлению загрязняющих компонентов в окружающую среду, в том числе в водные объекты. В данном случае этот фактор является крайне важным, особенно с учетом поверхностного источника водоснабжения г. Дубны.

Материалы и методы исследования

В статье использованы данные, полученные путем лабораторных исследований, проведенных в лаборатории анализа объектов окружающей природной среды государственного университета «Дубна». Сеть проб отбора представлена на рисунке.

Отбор и анализ проб воды проводились по методикам ГОСТ. Отбор проб воды производился с берега при помощи пробоотборника для воды длиной 3 м [1]. Температура измерялась при помощи ртутного термометра с ценой деления 0,1 °С. Водородный показатель определялся рН-метром рН 150-МИ, укомплектованным электродом ЭСК-10603/7. Определение растворенного в воде кислорода производилось с помощью портативного оксиметра WTW Oxi 340i. Удельная электропроводность воды определялась портативным кондуктометром МАРК-603/1.

Количественный лабораторный анализ включал в себя фотометрический, титриметрический и атомно-абсорбционный методы. Определение содержания иона аммония, нитрит-иона, нитрат-иона, фосфат-иона и общего железа было проведено на фотометре КФК-30МЗ. Титриметрическим методом определялись общая жесткость, содержание кальция в воде (с использованием динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты), а также концентрация хлоридов (с использованием раствора нитрата серебра).

Содержание иона аммония в воде определялось с помощью реактива Несслера, концентрация нитрит-иона – при помощи метода с использованием сульфаниловой кислоты, концентрация нитрат-иона – с использованием салициловокислого натрия [2].

Определение содержания фосфатов в воде производилось с использованием аскорбиновой кислоты [3]. Концентрация общего железа определялась методом с использованием сульфосалициловой кислоты [4].

Концентрации тяжелых металлов определялись на атомно-абсорбционном спектрометре КВАНТ-2А путем упаривания аликвоты пробы воды 500 мл до 50 мл и дальнейшего доведения рН среды до значения 1–2 добавлением азотной кислоты (HNO_3) в соотношении 5 мл на 1 л пробы.

Экологическое состояние поверхностных вод рек Волги и Дубны в районе г. Дубны

Качество вод рек Волги и Дубны отслеживается различными контролирующими организациями города, однако существует проблема сопоставимости данных и отсутствия единого центра аккумуляции и комплексной оценки информации. В обсуждаемом исследовании использованы данные авторов и Испытательной промышленно-санитарной лаборатории ОИЯИ за 2020 г. (табл. 1).

Карта станций отбора проб воды на Угличском водохранилище: 1) плотина ГЭС; 2) водозабор; 3) р. Волга (выше сброса); 4) Южная канава; 5) пляж (ниже места сброса); 6) Северная канава; 7) д. Крева; 8) р. Дубна (Ратмино); 9) р. Дубна (ниже сброса); 10) р. Дубна (поляна); 11) р. Дубна (коллектор); 12) р. Дубна (выше сброса); 13) р. Дубна (Александровка); 14) р. Дубна (Юркино)

Следует отметить значительную вариацию концентраций приведенных в таблице компонентов в пределах городской черты, а также близость значений среднего и медианы, которая позволяет говорить о хорошей сходимости данных.

Согласно анализу данных, в водах реки Волги наблюдается превышение установленных нормативов качества вод по таким показателям (табл. 1), как медь (в осреднении более 2,5 ПДК), цинк, магний и взвешенные вещества (1,5 ПДК), а также общее железо (1,2 ПДК). При этом максимум концентраций меди и цинка приурочен к району городского пляжа, магния – к району пляжа и плотины Ивановской ГЭС, взвешенных веществ – выше места выпу-

ска сточных вод ОИЯИ, железа общего – выше и ниже места выпуска сточных вод ОИЯИ. Повышенные концентрации меди и цинка могут быть связаны с воздействием лодочной станции, находящейся в непосредственной близости к станции отбора. Вблизи плотины Ивановской ГЭС химический состав вод формируется водами Ивановского водохранилища, которые, согласно исследованиям, имеют несколько большую минерализацию, нежели воды р. Волги в районе р. Дубны. Обилие взвешенных веществ и общего железа вполне может быть связано с естественными особенностями водоема, а именно с илистыми донными отложениями и заболоченной береговой местностью.

Таблица 1

Качество поверхностных вод рек Волги и Дубны в районе г. Дубны

Показатель	Р. Волга				Р. Дубна				ПДК рх
	Среднее	Мин.	Макс.	Ср. откло- нение	Среднее	Мин.	Макс.	Ср. откло- нение	
O ₂	4,34	2,78	5,24	0,78	3,39	2,14	4,89	0,95	4
БПК ₅	1,76	0,50	2,44	0,36	2,76	1,25	5,10	1,18	2
Взвешенные вещества	2,39	0,00	7,60	2,22	4,27	0,00	13,1	2,97	1,5
Ион аммония	0,43	0,21	0,93	0,13	0,98	0,14	2,50	0,69	0,5
Кальций	44,66	29,29	76,3	15,01	72,96	38,08	130,8	16,7	180
Магний	65,83	39,45	112,6	21,08	99,71	81,78	148,7	19,6	40
Медь	0,003	0,001	0,006	0,001	0,002	0,000	0,005	0,001	0,001
Никель	0,001	0,001	0,003	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,1
Нитрат-ион	2,61	1,47	3,93	0,46	6,47	2,86	10,80	2,50	40
Нитрит-ион	0,07	0,00	0,25	0,06	0,29	0,02	0,62	0,21	3
Общая жесткость	3,20	2,14	5,20	0,98	5,49	2,80	9,38	1,01	10
Общее железо	0,36	0,11	0,95	0,20	0,89	0,01	2,07	0,67	0,3
pH	8,10	7,55	8,64	0,19	8,19	8,00	8,29	0,08	6,5-8,5
Свинец	0,002	0,000	0,009	0,002	0,002	0,000	0,005	0,002	0,002
Температура	6,86	0,1	22,4	6,53	10,18	0,1	19,20	8,25	—
Фосфат-ион	0,15	0,04	0,37	0,10	0,47	0,11	0,77	0,21	0,2
Цинк	0,016	0,000	0,04	0,009	0,013	0,000	0,034	0,014	0,01
УЭП	204,8	187	224,6	12,6	415,2	415,2	415,2	0,00	-
Хлорид-ион	9,81	7,94	11,34	0,71	19,43	12,8	31,2	4,73	300
Нефтепродукты	0,12	0,08	0,23	0,05	0,13	0,05	0,36	0,08	0,3
Сульфаты	14,47	10,0	19,7	4,48	19,09	15,0	25,0	2,76	500
Алюминий	0,04	0,04	0,04	0,00	—	—	—	—	0,2

В отношении вод реки Дубны следует обратить внимание на превышение установленных нормативов качества вод фактически по тем же показателям, что были названы ранее для реки Волги, и некоторым дополнительным компонентам (табл. 1): железу общему и взвешенным веществам (3 ПДК), магнию, фосфатам и меди (2,5 ПДК), иону аммония (2 ПДК), БПК₅ и цинку (1,25 ПДК). Максимальные концентрации названных веществ приурочены к участкам выше и ниже места выпуска сточных вод ОИЯИ, а по магнию, фосфатам, меди и цинку – под мостом через реку и д. Юркино. Следует отметить, что в водах реки Дубны концентрации загрязняющих компонентов выше, чем в водах реки Волги. Река Дубна собирает в себе большое количество сточных вод с промышленных предприятий, находящихся выше по течению. Велико влияние р. Сестры, также протекающей по территории Московской области, принимающей на себя стоки с таких предприятий, как *Flat Glass Klin* и др.

Выполненный корреляционный анализ (табл. 2) позволяет установить зависимости между некоторыми гидрохимическими

показателями. Данный анализ произведен путем рассмотрения достаточно небольшой выборки, поэтому его результаты являются скорее оценочными, чем достоверными. Тем не менее такие показатели, как содержание аммонийного азота, нитрит-ионов, нитрат-ионов, а также фосфат-иона, очень часто характеризуют степень загрязненности водоема в результате деятельности человека. Между этими показателями замечена высокая зависимость, часто коррелирующая со значениями pH, что еще раз подтверждает антропогенный генезис этих компонентов. Данные вещества могут попадать в водоем вместе с поверхностными и сточными водами с осадками, а также в результате сброса сточных вод. Весьма заметна корреляция между содержанием общего железа и цинка. Этот факт можно рассматривать как еще одно подтверждение антропогенного генезиса данных веществ в водоеме [5]. При этом концентрации выше в точках, для которых характерна щелочная среда. В данных станциях отбора проб также замечены высокие концентрации аммонийного азота. Указанный компонент коррелирует с описанными показателями (табл. 2).

Таблица 2

Корреляционный анализ гидрохимических показателей в водах р. Волги в районе г. Дубны

Показатель	O ₂	БПК ₅	Взвешенные вещества	Ион аммония	Кальций	Магний	Медь	Никель	Нитрат-ион	Нитрит-ион	Жесткость	Общее железо	pH	Свинец	Температура	Фосфат-ион	Цинк	Хлорид-ион
O ₂	1,00																	
БПК ₅	0,44	1,00																
Взв. вещества	-0,59	0,21	1,00															
Ион аммония	0,20	-0,46	-0,14	1,00														
Кальций	0,55	-0,06	-0,68	0,69	1,00													
Магний	0,89	0,30	-0,60	0,28	0,86	1,00												
Медь	-0,48	-0,23	0,22	-0,26	-0,24	-0,18	1,00											
Никель	-0,71	-0,58	0,23	-0,35	-0,47	-0,62	0,18	1,00										
Нитрат-ион	н/о	-0,78	-0,55	-0,38	0,15	н/о	0,42	0,17	1,00									
Нитрит-ион	0,72	0,15	-0,72	0,37	0,94	0,87	-0,25	-0,51	-0,52	1,00								
Жесткость	0,60	-0,04	-0,68	0,67	0,99	0,88	-0,29	-0,48	0,15	0,94	1,00							
Общее железо	0,91	-0,49	0,27	0,52	0,92	0,86	-0,38	-0,53	0,31	-0,24	0,90	1,00						
pH	0,84	0,08	-0,71	0,21	0,47	0,75	-0,56	-0,35	-0,90	0,60	0,49	0,80	1,00					
Свинец	-0,65	-0,42	0,20	0,05	-0,37	-0,58	-0,11	0,08	-0,14	-0,38	-0,39	-0,57	-0,37	1,00				
Температура	-0,76	-0,45	0,68	0,33	0,21	-0,88	0,36	-0,05	-0,10	0,07	0,16	-0,90	-0,54	0,58	1,00			
Фосфат-ион	-0,84	-0,38	0,75	0,18	-0,23	-0,84	0,41	0,62	н/о	-0,42	-0,29	-0,71	-0,78	0,49	0,83	1,00		
Цинк	0,91	0,38	-0,61	-0,26	0,06	0,88	-0,27	-0,25	0,17	0,05	0,10	0,76	0,48	-0,54	-0,82	-0,82	1,00	
Хлорид-ион	-0,78	0,13	0,15	0,34	0,77	-0,62	-0,30	-0,07	н/о	-0,23	-0,12	0,13	-0,35	0,18	-0,19	0,41	0,01	1,00

Оценка экологических рисков от химического загрязнения поверхностных вод

Согласно подходам Министерства здравоохранения Российской Федерации и видению исследователей в области экологии человека, загрязненные поверхностные воды формируют экологический риск для здоровья населения через пероральное воздействие при непосредственном потреблении вод, кожное воздействие при мытье и купании и ингаляционное воздействие при вдыхании испаряющихся с поверхности водотоков и водоемов паров (преимущественно при купании и длительном контакте в бытовых целях). В отношении г. Дубны следует отметить, что за счет использования реки Волги в качестве источника водоснабжения реализуется пероральное и кожное влияние. За счет использования рек Волги и Дубны для отдыха реализуется кожное воздействие. Ингаляционным влиянием можно пренебречь, поскольку воды обоих водотоков, как показано выше, имеют невысокую степень загрязнения, особенно в аспекте веществ-канцерогенов.

Расчеты канцерогенного и неканцерогенного риска для здоровья населения г. Дубны от загрязнения поверхностных вод водных объектов химическими веществами проведены согласно методике 2004 г. [6].

Согласно архивным исследованиям [7, 8], приоритетными канцерогенами поверхностных вод в поверхностных водах территории г. Дубны являются кадмий, свинец, мышьяк и хлор. В настоящее время два последних параметра не контролируются.

При пероральном воздействии кадмия и свинца риск имеет минимальную степень. При кожном воздействии риск в результате воздействия свинца имеет среднюю степень, в результате воздействия кадмия – низкую и минимальную. Суммарный канцерогенный риск от загрязнения поверхностных вод имеет низкую и минимальную степень в результате воздействия кадмия, среднюю степень – в результате воздействия свинца.

Согласно архивным исследованиям [7, 8], приоритетными неканцерогенами поверхностных вод в поверхностных водах территории г. Дубны являются аммиак, кадмий, хлориды, медь, свинец, нитраты, нитриты, цинк, мышьяк, фториды и фенол. В настоящее время не контролируются три последних параметра.

При пероральном воздействии по каждому из указанных веществ неканцероген-

ная опасность имеет минимальный уровень. При кожном воздействии неканцерогенная опасность от загрязнения поверхностных вод имеет умеренный уровень в результате воздействия хлоридов, допустимый уровень – в результате воздействия нитратов, минимальный и допустимый уровни – в результате воздействия нитритов и аммиака. По другим компонентам неканцерогенная опасность достигает минимального уровня. Суммарная неканцерогенная опасность обусловлена кожным воздействием, совпадает с ним по ранжированию.

Подводя общий итог, можно заключить, что веществами – загрязнителями поверхностных вод, формирующими повышенный экологический риск для здоровья населения г. Дубны, являются свинец, аммиак, нитриты и нитраты. С точки зрения территориальной привязки участки повышенного экологического риска и неканцерогенной опасности приурочены к городским пляжам.

Выводы

Состояние поверхностных вод территории г. Дубны достаточно благополучно, однако в водах рек Волги и Дубны имеются параметры, концентрации которых превышают установленные нормативы. К таким показателям относятся БПК₅, взвешенные вещества, магний, медь, цинк, нитрит-ион, аммоний-ион, общее железо и фосфат-ион. В водах реки Дубны концентрации большинства указанных компонентов выше, чем в водах реки Волги.

Канцерогенный риск для здоровья населения г. Дубны в результате загрязнения поверхностных вод имеет низкую, минимальную и среднюю степени. Неканцерогенная опасность от загрязнения поверхностных вод имеет минимальную, умеренную и допустимую степени опасности.

Список литературы / References

1. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 45 с.
2. ГОСТ 33045-2014 Вода. Методы определения азотсодержащих веществ. М.: Стандартинформ, 24 с.
3. ГОСТ 18309-2014 Вода. Методы определения фосфорсодержащих веществ. М.: Стандартинформ, 25 с.
4. ГОСТ 4011-72. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа. М.: Стандартинформ, 8 с.
5. Кирпичев И.А. Влияние г. Дубна на качество воды Угличского водохранилища // Добродеевские чтения – 2019: сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции, 2019. С. 158–165.
- Kirpichev I.A. The influence of Dubna on the water quality of the Uglich reservoir // Dobrodeevskie readings – 2019. Collection of scientific papers of the III International scientific-practical conference, 2019. P. 158–165 (in Russian).

6. Р 2.1.10.1920-04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200037399> (дата обращения: 15.11.2020).

R 2.1.10.1920-04 Guidelines for assessing the risk to public health when exposed to chemicals that pollute the environment. [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200037399> (date accessed: 15.11.2020) (in Russian).

7. Нисифорова И.А., Савватеева О.А. Экологический риск и его проявления. Взаимосвязь здоровья населения г. Дубны Московской области с качеством поверхностных вод // Water magazine. № 1 (41). 2011. С. 44–48.

Nisiforova I.A., Savvateeva O.A. Environmental risk and its occurrence. Relationship between the health of the population of Dubna, Moscow region, and the quality of surface waters // Water magazine. no 1 (41). 2011. P. 44–48 (in Russian).

8. Нисифорова И.А. Рук. Савватеева О.А. Оценка экологических рисков для здоровья населения города Дубна Московской области // Современные наукоемкие технологии. Смежные направления. 2009. № 11. (Приложение). С. 107–127.

Nisiforova I.A. Supervisor Savvateeva O.A. Assessment of environmental risks to the health of the population of the city of Dubna, Moscow Region // Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii. Smezhnyye napravleniya. 2009. No. 11. (Prilozheniye). P. 107–127 (in Russian).