

ГЕОЭКОЛОГИЯ

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАСЕЙНА РЕКИ ОКИ НА ТЕРРИТОРИИ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Л.П. Степанова¹, Е.В. Яковлева¹, Е.С. Черный², А.В. Писарева¹

¹ Орловский государственный аграрный университет
ул. Ген. Родина 69, Орел, Россия, 302019

² Управление Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору
по Орловской и Курской областям
ул. Пожарная, д. 72, Орел, Россия, 302040

Одна из основных экологических проблем индустриальных городов заключается в интенсивном загрязнении поверхностных вод вредными веществами. Изучение экологической среды города основывается на использовании как традиционных, так и современных методов исследования, с помощью которых формируется необходимая база данных природных и антропогенных характеристик городской среды в связи с целевой задачей — оценкой состояния окружающей среды города, степени воздействия источников вредных выбросов и масштабов загрязнения территорий. Для понимания экологической обстановки урбанизированных территорий необходимо выявление особенностей загрязнения, формы нахождения вредных веществ, возможности их накопления и выноса в ландшафты, их концентрации [1].

Ключевые слова: поверхностные воды, загрязняющие вещества, бассейны рек, процессы миграции, органические соединения

Процессы миграции и аккумуляции веществ лежат в основе функционирования любого элементарного геохимического ландшафта; они составляют его содержание, т.е. сущность элементарного геохимического ландшафта [2].

Эти процессы раскрывают картину благополучия или неблагополучия конкретной территории в геохимическом отношении как в условиях природного почвообразования, так и при природно-антропогенном его проявлении [3].

Нами проведен анализ состояния вод рек, формирующих бассейн р. Оки, на территории Орловской области за 2012—2013 года [5].

Орловская область расположена в юго-западной части Европейской территории России, в центре Восточно-Европейской равнины, на Среднерусской возвышенности.

Орловская область — край многочисленных рек. Ее можно назвать краем истоков — здесь берет свое начало одна из крупнейших рек Европейской части России — р. Ока и множество других рек и ручьев; формируется поверхностный сток рек бассейна Волги, Дона и Днепра, а также аккумулируются подземные

воды Московского артезианского бассейна. Водосборы рек разделены двумя водораздельными участками. Первый проходит от г. Малоархангельска на север к д. Алексеевке, затем на северо-восток к станции Верховье и к д. Паньково. Этот всхолмленный участок является водоразделом между реками Окой, Зушей с ее притоком Неручь и рекой Сосной с притоком р. Труды. В центральной части области расположены возвышенные холмы, представляющие собой водораздел рек Оки и Зуши, который в своей южной части в районе г. Малоархангельска соединяется с водоразделами Оки и Сосны, Оки и Десны. Второй водораздел между бассейнами рек Оки и Десны располагается в юго-западной части. Водный фонд области насчитывает свыше 2100 водотоков общей протяженностью 9154 км, в том числе около 180 водотоков длиной 10 или более километров и с общей протяженностью свыше 4000 км. Практически весь поверхностный сток с территории области уходит за ее пределы. Имеющиеся на территории области пруды, водохранилища, озера и болота в основном работают по принципу многолетнего пассивного регулирования стока, аккумулируя до 91,4 млн м³ поверхностной влаги, что соответствует 2,6% общего стока среднего по водности года и всего около 4,0% от общего стока за год с минимальной водностью 95% обеспеченности. Крупные реки Орловской области — Ока и Зуша используются для получения электроэнергии. На р. Оке работает гидроэлектростанция Шаховская, на р. Зуше — Новосильская и Лыковская. Кое-где встречаются небольшие озера карстового происхождения. Широко развиты оползневые явления. Наиболее крупные из них развиты в долинах рек Оки, Кромы, Рыбницы, Сосны. На севере оползни наблюдаются в бассейне р. Зуши, по небольшим речным долинам и балкам. Основная река — Ока с ее притоками.

В настоящее время состояние водных объектов в промышленных городах Орловской области вызывает особое беспокойство ввиду исключительной роли воды, как в народном хозяйстве, так и в круговороте веществ в природе. Эта проблема особенно касается таких городов как Орел, Мценск, Болхов, Ливны, Дмитровск-Орловский, п. Кромы, д. Орловка, с. Крутое.

Загрязнение водных объектов, так же как и загрязнение атмосферы, сложный, многофакторный и весьма динамичный процесс. Концентрации различных загрязняющих веществ, присутствующих в водной среде, характеризуются сложной временной динамикой и зависят:

- от интенсивности поступления в водоемы;
- скорости процессов самоочищения и осаждения;
- объема водной массы, характера и скорости ее движения.

Каждый из перечисленных факторов загрязнения относительно независим от других и обладает собственной динамикой. Загрязняющие вещества поступают в водоемы со сточными водами от промышленных и сельскохозяйственных предприятий, коммунально-бытовой сферы, с поверхностным стоком за счет смыва с загрязненных территорий, при осаждении из атмосферы, от вторичных химических процессов трансформации поллютантов, от естественных источников [6].

Изучение химического состава поверхностных вод на территории Орловской области осуществлялось на девяти водных объектах (р. Ока, Крома, Орлик, Зуша, Нугрь, Неручь, Сосна, Труды, Нерусса), у восьми пунктов (г. Орел, Мценск, Болхов, Ливны, Дмитровск-Орловский, п. Кромы, д. Орловка, с. Крутое) (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав поверхностных вод на территории бассейна р. Ока (мг/дм³)

Река	Химические соединения																				
	N аммонийный		NO ₂		БПК-5		Fe общее		Mg		Cu		Нефтепродукты		Фенолы		ХПК				
	Кол-во	Превыше-ние КО	Кол-во	Превыше-ние КО	Кол-во	Превыше-ние КО	Кол-во	Превыше-ние КО	Кол-во	Превыше-ние КО	Кол-во	Превыше-ние КО	Кол-во	Превыше-ние КО	Кол-во	Превыше-ние КО	Кол-во	Превыше-ние КО			
Неручь	0,55	1,4	0,031	1,6	4,72	2,4	—	0	0	5,8	5,8	0,06	1,2	0	0	18,4	1,2	25,6	1,7		
	—	—	0,033	1,7	5,26	2,6	1,4	0,137	0	0	2,5	2,5	—	—	0	0	—	—	—	—	
Нурь	0,61	1,5	0,026	1,3	3,1	1,6	2,2	0,218	0	3,0	3,0	0,06	1,2	0,003	3,0	26,5	1,8	0,54	1,4	20,8	1,4
	0,54	1,4	0,041	2,1	3,81	1,9	2,1	0,213	0	4,5	4,5	—	—	0,002	2,0	—	—	—	—	—	—
Ока	0,84	2,1	0,063	3,2	5,58	2,8	2,7	0,266	0	7,7	7,7	0,23	4,6	0,004	4,0	30,0	2,0	0,99	2,5	33,0	2,2
	0,99	2,5	0,058	2,9	4,99	2,5	2,7	0,265	0	6,3	6,3	0,26	5,2	0,003	3,0	—	—	—	—	—	—
Крома	0,85	2,1	0,04	2,0	3,69	1,8	1,1	0,105	39,9	4,4	4,4	0,07	1,4	0,002	2,0	32,8	2,2	0,85	1,6	27,1	1,8
	0,84	1,6	0,029	1,5	4,39	2,2	1,8	0,178	0	2,1	2,1	0,05	1,0	0,001	1,0	—	—	—	—	—	—
Орлик	0,87	2,2	0,076	3,8	4,82	2,4	2,5	0,251	43,2	5,8	3,2	0,17	3,4	0,003	3,0	35,0	2,3	1,1	2,8	37,0	2,5
	1,1	2,8	0,077	3,9	5,58	2,8	1,7	0,171	0	3,2	3,2	0,14	2,8	0,002	2,0	—	—	—	—	—	—

Примечание. В числителе данные 2012 г., в знаменателе — 2013 г.

Анализ состояния поверхностных вод бассейна р. Оки показал некоторое увеличение как максимальных, так и средних концентраций нитритов и фенолов по всем водным объектам. Также наблюдалось увеличение содержания других ингредиентов по отдельным водным объектам:

— ионов аммония: Крома, Орлик, Зуша, Неручь по максимальным и средним концентрациям;

— железа: Ока, Орлик по максимальным и средним концентрациям, Зуша по максимальным, Неручь и Нугрь по средним концентрациям;

— меди: Неручь, Труды по максимальным и средним концентрациям, Крома, Зуша, Сосна по средним концентрациям;

— ХПК: Крома, Зуша, Нерусса по максимальным и средним концентрациям.

Практически не изменилась концентрация БПК-5 во всех водных объектах как максимальных, так и средних значениях, кроме р. Орлик, где произошло снижение максимальной концентрации с 9,77 мг/дм³ в 2012 г. до 4,82 мг/дм³ в 2013 г.

Максимальные концентрации были зафиксированы в основном в период весеннего паводка [7].

К наиболее распространенным загрязняющим веществам, концентрации которых превышали ПДК, относятся азотосодержащие соединения. Так, количество нитритов в речных водах превышало значение ПДК в 1,3—3,8 раза при средней концентрации — 1,3 ПДК; количество ионов аммония превышало значение ПДК в 1,4—2,4 при средней концентрации ПДК 1,4. При этом установлено увеличение концентрации азотсодержащих ионов (NO_2^- , NH_4^+) в 2013 году в водах всех изучаемых рек. В водах рек Орлик и Ока, отбор которых проводился в среднем их течении по территории г. Орла, отмечается резкое превышение ПДК по количеству ионов аммония и нитритов в 2,5—2,8 раза. Полученные массовые концентрации тяжелых металлов сравнивали со значением величины ПДК для железа и меди. Об уровне загрязненности судим по величине коэффициента обогащения (КО), показывающему во сколько раз содержание тяжелых металлов в воде превышает их предельно допустимые концентрации. Анализ данных показал, что содержание железа в водах рек Ока, Орлик и Нугрь было максимальным и превышало количество ПДК в 1,7—2,7 раза, тогда как средняя концентрация — 1,0 ПДК; соединения меди превышали количество ПДК в 3,0—7,7 раза, средняя концентрация — 2,1 ПДК. Полученные данные по содержанию органических загрязнителей в водах рек бассейна р. Оки, а именно по количеству нефтепродуктов и фенолов, показали, что в водах реки Ока содержание нефтепродуктов и фенолов достигало максимальных значений 0,23—0,26 мг/л и 0,003—0,004 мг/л, что в 2,5 раза превышало значение ПДК по указанным соединениям.

Загрязнение речных вод органическими соединениями оценивали по величине биологического потребления кислорода (БПК-5) и химического потребления кислорода (ХПК). Сравнение полученных данных с допустимыми значениями этих показателей в речных водах показали превышение в 1,6—2,8 раза (табл. 2) для БПК-5, для ХПК это превышение составило 1,2—2,5 раза. Поскольку присутствующие в воде органические соединения претерпевают не только аэробное биохимическое окисление в результате жизнедеятельности бактерий (БПК), но и химические реакции окисления (ХПК), то значение показателя ХПК является доказательством антропогенного загрязнения вод [4].

Таблица 2

Виды загрязняющих веществ и их содержание в водах р. Оки

Местоположение контрольного створа (расстояние от устья, координаты на карте)	Минимальный среднемесячный расход воды в год расчетной обеспеченности (95%), м ³ /с		Количество взвешенных веществ (наносов), мг/дм ³		Наименование загрязняющих веществ	Концентрации загрязняющих веществ		ПДК загрязняющих веществ	Единица измерения	Источник загрязнения (водопользователь, выпуски сточных вод и т.п.)
	летом	зимой	летом	зимой		летом	зимой			
12 км ниже г. Орла; 1,5 км ниже впадения р. Цветыни — расстояние от устья: 1368,5 км. — Географические координаты: широта — 53,0826; долгота — 36,1926	1,96	1,96	43,54	23,03	Азот аммонийный	0,59	0,99	0,4	мг/дм ³	Промышленные предприятия г. Орла; предприятия водоканала и ЖКХ; бытовые сточные воды
					Азот нитритный	0,058	0,032	0,02	мг/дм ³	
					БПК-5	4,99	2,56	2	мг/дм ³	
					Железо общее	1,99	2,02	0,1	мг/дм ³	
					Медь	0,265	0,113	1	мг/дм ³	
					Нефтепродукты	0,056	0,066	0,05	мг/дм ³	
					Фенолы	6,3	3,2	0,001	мг/дм ³	
					Фосфаты	3,2	3,7	0,001	мг/дм ³	
					Цинк	0,26	0,07	0,2	мг/дм ³	
						0,01	0,02	10	мг/дм ³	

Примечание. В числителе данные 2013 г., в знаменателе — 2007 г.

Наибольшее содержание загрязняющих веществ наблюдалось в водах рек Оки и Орлик.

Интерес представляют данные об изменении концентрации загрязняющих веществ в водах реки Ока по сезонам года — лето и зима (см. табл. 2). Создавшиеся условия в речной экосистеме в летний период способствуют повышению количества азотсодержащих ионов, особенно нитритов, коэффициент обогащения нитритами составил 2,9 в 2013 г. и 3,9 в 2007. В зимний период количество нитритных ионов снижалось до 3,2 в 2007 г. и 1,6 в 2013 г. Такая закономерность накопления установлена для железа общего, в летний период количество железа в речных водах в 2,4 раза превышало количество железа, содержащегося в речных водах в зимний период. Коэффициенты обогащения речных вод медью, цинком по ПДК этих элементов в речных водах составили для цинка 1,4, для меди — 6,3 в летний период; в зимний — 0,3 для цинка и 3,2 для меди. Количество фосфатов в зимний период в водах р. Оки возрастало до 0,326 мг/л в сравнении с 0,252 мг/л в летний период [7].

Количество органических загрязнителей в зимний период в речных водах резко сокращалось, для нефтепродуктов с 0,26 мг/л (летом) до 0,07 мг/л — зимой, для фенолов с 0,003 мг/л в летний период до 0,0001 мг/л в зимний период.

Следует отметить значительное увеличение количества загрязняющих веществ в водах р. Оки, поступающих в 2013 г. в сравнении с данными 2007 года: в 2,5 раза биологическое поглощение кислорода, в 4,7 раза количество железа, в 2 раза концентрация меди, в 26 раз количество нефтепродуктов, в 30 раз возрастало количество фенольных соединений, количество цинка возросло в 5,4 раза, содержание фосфатов увеличилось в 1,5 раза.

Состав воды в речной экосистеме зависит от масштабов поступления загрязняющих веществ в местах сброса сточных бытовых вод и вод промышленных предприятий, ливневой канализации городов и поселков.

Природная вода представляет собой многофазную гетерогенную систему открытого типа, обменивающуюся веществом и энергией с другими средами (водные объекты, атмосфера, донные отложения) и с биологической составляющей.

В природной воде присутствуют взвешенные твердые частицы и микропузырьки газа до 10^8 — 11^{11} шт/л.

Толща воды пронизана микроорганизмами, образующими биоту, которая представлена совокупностью гидробионтов и находится в динамическом равновесии с внешней средой [5].

Все указанные факторы формируют качество поверхностных вод и их способность к самоочищению, а также подтверждают необходимость оценки химического состава не только поверхностных вод, но и донных отложений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Аммосова Я.М. Охрана почв от химических загрязнений. М.: МГУ, 1989.
- [2] Кауричев И.С., Степанова Л.П., Яковлева Е.В., Савич В.И., Коренькова Е.А. Экогеохимия ландшафтов: учебник. Изд-во ОрелГАУ, 2014. 315 с.
- [3] Крайнов С.Р., Швец В.М. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. М.: Недра, 1987.

- [4] Степанова Л.П., Яковлева Е.В., Коренькова Е.А., Степанова Е.И., Таракин А.В., Тихойкина И.М. Организация и особенности проектирования экологически безопасных агроландшафтов: учеб. пособие. Изд-во ОрелГАУ, 2014.
- [5] Яковлева Е.В., Степанова Л.П., Коренькова Е.А., Мышкин А.И., Черный Е.С., Писарева А.В. Состояние водных объектов в местах водопользования населения Орловской области и мероприятия по улучшению качества питьевой воды // *Экология и промышленность России*. 2014. № 2. С. 40–45.
- [6] Яковлева Е.В., Степанова Л.П., Таракин А.В., Тихойкина И.М., Черный Е.С., Писарева А.В. и др. Экологическая оценка влияния навозных стоков на химические и санитарно-гигиенические показатели поверхностных и подземных вод Орловской области // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2014. № 4. С. 45–49.
- [7] Яковлева Е.В., Степанова Л.П., Коренькова Е.А., Мышкин А.И. Экологическая оценка влияния техногенеза на состояние поверхностных и подземных вод // *Ученые записки Орловского государственного университета, научный журнал*. 2014. № 3(59). С. 181–185.

THE CHEMICAL COMPOSITION OF SURFACE WATERS OF THE BASIN OF THE OKA RIVER IN THE TERRITORY OF THE ORYOL REGION

¹L.P. Stepanova, ¹E.V. Yakovleva, ²E.S. Chernyi, ¹A.V. Pisarev

¹VO “OrelGAU”

ul. Gen. Rodin, 69, Orel, Russia

²Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance on the Oryol and Kursk areas
ul. Pozharnaja, d. 72, Orel, Rossija, 302040 Russia

One of the main environmental problems of the industrial cities consists in intensive pollution of a surface water harmful substances. Studying of the ecological environment of the city is based on use of both traditional, and modern methods of research by means of which the necessary database of natural and anthropogenous characteristics of an urban environment in connection with a target task — an assessment of a state of environment of the city is formed, of extent of influence of sources of harmful emissions and scales of pollution of territories. The understanding of an ecological situation of the urbanized territories requires detection of features of pollution, a form of finding of harmful substances, possibilities of their accumulation and carrying out in landscapes, to their concentration.

Key words: the surface water polluting substances, basins of the rivers, migration processes, organic compounds

REFERENCES

- [1] Ammosova Ja.M. Ohrana pochv ot himicheskikh zagrjaznenij [Protection of soils from chemical pollution Publishing house]. Izd-vo MGU, 1989.
- [2] Kaurichev I.S., Stepanova L.P., Jakovleva E.V. Savich V.I., Koren'kova E.A. Jekogeohimija landshaftov [Ekogeokhimiya of Landscapes]. Izd-vo OrelGAU, 2014, 315.
- [3] Krajnov S.R., Shvec V.M. Geohimija podzemnyh vod hozjajstvenno-pit'evogo naznachenija [Geochemistry of underground waters of economic and drinking appointment]. Izd-vo Nedra, 1987.

- [4] Stepanova L.P., Jakovleva E.V., Koren'kova E.A., Stepanova E.I., Tarakin A.V., Tihojkina I.M. Organizacija i osobennosti proektirovanija jekologicheski bezopasnyh agrolandshaftov [Organization and features of design of ecologically safe agrolandscapes]. Izd-vo OrelGAU, 2014.
- [5] Jakovleva E.V., Stepanova L.P., Koren'kova E.A., Myshkin A.I., Chernyj E.S., Pisareva A.V. Sostojanie vodnyh obektov v mestah vodopol'zovanija naselenija Orlovskoj oblasti i meroprijatija po uluchsheniju kachestva pit'evoy vody [Status of water bodies in places of water population of the Oryol region and measures to improve the quality of drinking water]. Jekologija i promyshlennost' Rossii [Ecology and industry of Russia]. 2014. № 2. S. 40—45.
- [6] Jakovleva E.V., Stepanova L.P., Tarakin A.V. Tihojkina I.M., Chernyj E.S., Pisareva A.V. i dr. Jekologicheskaja ocenka vlijanija navoznyh stokov na himicheskie i sanitarno-gigienicheskie pokazateli poverhnostnyh i podzemnyh vod Orlovskoj oblasti [Environmental assessment of the impact of manure on the chemical and sanitary parameters of surface and underground waters of the Oryol region]. Mezhdunarodnyj sel'skhozjajstvennyj zhurnal [International agricultural magazine]. 2014. № 4. S. 45—49.
- [7] Jakovleva E.V., Stepanova L.P., Koren'kova E.A., Myshkin A.I. Jekologicheskaja ocenka vlijanija tehnogeneza na sostojanie poverhnostnyh i podzemnyh vod [Environmental impact assessment technogenesis on the status of surface water and groundwater] Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta [Scientific notes of Oryol State University]. 2014. № 3(59). S. 181—185.