

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Лисецкий Федор Николаевич, д-р геогр. наук, профессор, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Россия, Белгород, fnliset@mail.ru

Спесивцева Анна Дмитриевна, студент, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Россия, Белгород, 1561869@bsuedu.ru

Аннотация. Рассмотрены особенности поверхностных и подземных вод в бассейне реки Ворскла на 79 % длины российского участка реки (в границах территорий двух муниципальных образований). В связи с проведением дноуглубительных работ на реках и водоемах Белгородской области определены 15 эколого-химических показателей донных отложений по 18 створам. Установлены значительные отличия структуры загрязнителей в донных отложениях, находящихся под воздействием сбрасываемых шахтных вод и расположенных ниже по течению в зоне влияния интенсивного агропромышленного освоения водосбора. Основным критерием локализации зоны воздействия сточных вод железорудного производства на экологию речных вод выступает ансамбль из семи тяжелых металлов (Zn, V, Fe, As, Ni, Pb, Cu), что находит отражение в загрязнении донных отложений.

Ключевые слова: железорудное производство, гидроэкология, донные отложения, тяжелые металлы

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF CHANGES IN WATER RESOURCES UNDER THE INFLUENCE OF THE IRON ORE INDUSTRY

Lisetskiy F.N., DSc in Geography, Professor, Belgorod State National Research University, Russia, Belgorod, fnliset@mail.ru

Spesivtseva A.D., student, Belgorod State National Research University, Russia, Belgorod, 1561869@bsuedu.ru

Annotation. The characteristics of surface and groundwater in the Vorskla River basin were considered for 79% of the Russian section of the river. In connection with the bottom cleaning of rivers and reservoirs in the Belgorod Region, 15 ecological and chemical indicators of bottom sediments were determined for 18 sections. Significant differences in the structure of pollutants in bottom sediments were found where the impact of mine water discharge was noted, and downstream in the zone of influence of intensive agro-industrial activity in the catchment area. The main criterion for the location of the hydroecological impact zone of wastewater from iron ore production is an ensemble of seven heavy metals (Zn, V, Fe, As, Ni, Pb, Cu), which is reflected in the pollution of bottom sediments.

Keywords: iron ore production, hydroecology, bottom sediments, heavy metals

Особенность водопользования Белгородской области состоит в том, что подземные водные источники обеспечивают преобладающую долю потребляемой свежей воды, которая с 1990 г. по настоящее время возросла в 1,6 раза (до 95 %), т. е. в четверть прогнозных ресурсов пресных подземных вод [1]. Причем только 5 водоносных комплексов из 14 можно считать основными по величине запасов. Вклад в их пополнение за счет атмосферных осадков, рек и водоемов отмечается до литологической толщи, где контактируют плотные меловые и глинистые юрские породы. От центральной зоны КМА расходятся к Ю и ЮЗ транзитные потоки в глубоких водоносных горизонтах. Минерализация подземных вод меняется от категории пресных (0,3–0,7 г/л) до минеральных вод в каменноугольных известняках (> 5–7 г/л) и в зоне кристаллического фундамента (до 30 г/л) [1]. Из общего числа водопользователей (> 600) на железорудные горнодобывающие предприятия и водоканалы городов приходится объемы водоотбора до 150 тыс. м³/сут., а около 40 % забора воды – это дренажные воды комбината «КМАруда» и ГОКов: Лебединского, Стойленского и Яковлевского (ЯГОК) [1].

Бассейн р. Ворскла в границах Белгородской области (2482 км²) формирует отдельный водохозяйственный участок, кроме того, водосбор входит в состав Ворсклинского гидрогеологического подрайона. Река на протяжении 109 км и ее притоки имеют смешанное питание,

в составе которого доля подземного стока оценивается от 15 до 20 %. Глубина вреза речных долин и крупных балок достигает 75–100 м. Рельефообразующими породами выступают мергели и писчий мел верхнемелового возраста, которые залегают тремя ярусами глубиной от 150 до 450 м, перекрытые на плакорах более молодыми (палеогена) толщами глин и песков с прослоями песчаника при общем падении всех этих слоев на ЮЗ в сторону Днепровско-Донецкой впадины.

В гидрогеологическом отношении водосбор Ворсклы это часть Днепровско-Донецкого артезианского бассейна, где глубины распространения вод возрастают до 1000 м. При этом отмечается тесная гидравлическая связь верхних водоносных горизонтов с поверхностными водами, что характерно для зон активного водообмена. Гидрографическая сеть дренирует два водоносных горизонта. С использованием параметров по скважине глубиной 1163 м, пробуренной АО «Белгородгеология» в Борисовском р-не, отметим, что в повсеместно представленных, но сравнительно маломощных песках эоцена (при глубине подошвы слоя 88 м), находится водоносный горизонт с небольшими запасами, который в мело-мергельных породах верхнемелового возраста (до 450 м) подстилается вторым горизонтом, дренируемым большинством рек.

Водоносные горизонты, залегающие на большой глубине, относятся к нижней гидродинамической зоне – зоне затрудненного водообмена и в питании реки не принимают участие. Они изолированы от вышележащих горизонтов региональными водоупорами, что сказывается на гидродинамике этих горизонтов, а также на химическом составе подземных вод. Наибольшая водообильность отложений приурочена к долинам рек и их склонам, где породы наиболее трещиноватые. Воды безнапорные, у которых статистический уровень находится на абсолютных отметках 105–186 м. Глубина до уровня воды в колодцах колеблется от 1 до 32 м. По химическому составу воды гидрокарбонатные, магниевые-кальциевые с минерализацией 0,5–0,8 г/л, общей жесткостью 6–8 ммоль/л, рН 7–8.

Еще на рубеже веков был предложен бассейновый подход к решению почвоводоохраных и экологических проблем в рамках концепции «Эко-Ворскла-2005» [2], выполнение которой стимулировало заседание регионального Правительства в 2003 г. по вопросу «О состоянии и мерах оздоровления бассейна реки Ворскла». Позже были разработаны проекты геопланирования водосбора по отдельным муниципалитетам [4]. В значительной мере обострение гидроэкологических проблем было связано с началом работ Яковлевского рудника, обладающего более 9 млрд т богатой железом руды.

Сравнительный анализ гидроэкологической ситуации проведен авторами по двум участкам водосбора: на входе русла реки в границы Яковлевского муниципального округа (5,5 км от истока) и до границы с Борисовским районом (на протяжении 46,3 км) и на территории Борисовского района на протяжении 39,4 км. На территории двух указанных муниципальных образований разведаны два месторождения пресных подземных вод (водовмещающие породы $K_2(t-m)$) с эксплуатационными запасами 20 тыс. м³/сут. [1]. Но в целом на водосборе Ворсклы используется более 200 скважин для снабжения питьевой водой населения и животноводства, а также для технического водоснабжения промышленных предприятий.

Особенность горно-геологических условий Яковлевского месторождения такова, что здесь находится семь водоносных горизонтов, пять из которых содержат напорные воды. Все руднокристаллические образования месторождения обводнены, а особенности гидрохимии обусловлены взаимодействием солёных вод краевой зоны Днепровского артезианского бассейна с притоком атмосферных осадков за счёт инфильтрации [6]. Шахтные воды Яковлевского месторождения, поступающие в объеме 700–750 м³/ч, сбрасываются после прудов-отстойников в Ворсклу. Этот объем сброса в 3 раза выше расхода реки 95% обеспеченности [6].

По данным расходов в широком хронологическом контексте (с 1930 г.) установлен особый период водности в 1978–2022 гг., когда среднегодовая величина расходов воды увеличилась на 10 % в сравнении с предшествующим периодом [3]. Основным фактором отмеченной динамики остается климатическая ритмика условий формирования стока на водосборе, т. к.

на ЯГОКе добыча руды в промышленных масштабах началась в 2005 г. Примечательно, что за период 2005–2022 гг. средний расход воды по посту Козинка составил 4,71 м³/с, а это меньше, чем за весь многоводный период с 1978 г. (5,84 м³/с). Утилизация рудничных и дренажных вод путем их сброса в Ворсклу не допускается из-за загрязнения речной воды выше по течению от места сброса и невысокой самоочищающейся способности реки.

Качество воды в Ворскле не отвечает рыбохозяйственным требованиям, т. к. больше половины из 11 крупных предприятий на водосборе (горнодобывающей, пищевой, сахарной промышленности, рыбохозов и ЖКХ) сбрасывают стоки, не отвечающие категории нормативно очищенных. Влияние дренажных вод на речной сток во многом определяется особенностями нижнекаменноугольного водоносного горизонта с минерализацией 0,7–1,6 г/л [5]. Рудничные воды ЯГОКа загрязнены различными солями, причем по ряду показателей выше ПДК [6]. Сброс шахтных вод оказывает негативное влияние на гидрохимию речных вод по сухому остатку (превышение нормы в 2,7 раза), хлоридам (в 5,7 раза), железу (в 2 раза) и фторидам (в 6 раз), а также по БПК₅ и ХПК; концентрация поллютантов у речных вод с увеличением расхода уменьшается, тогда как донные отложения в русле выступают депонирующей системой. В этой связи выполнена оценка влияния дренажных вод ЯГОКа на изменение химического состава донных отложений по длине реки (рисунок 1).

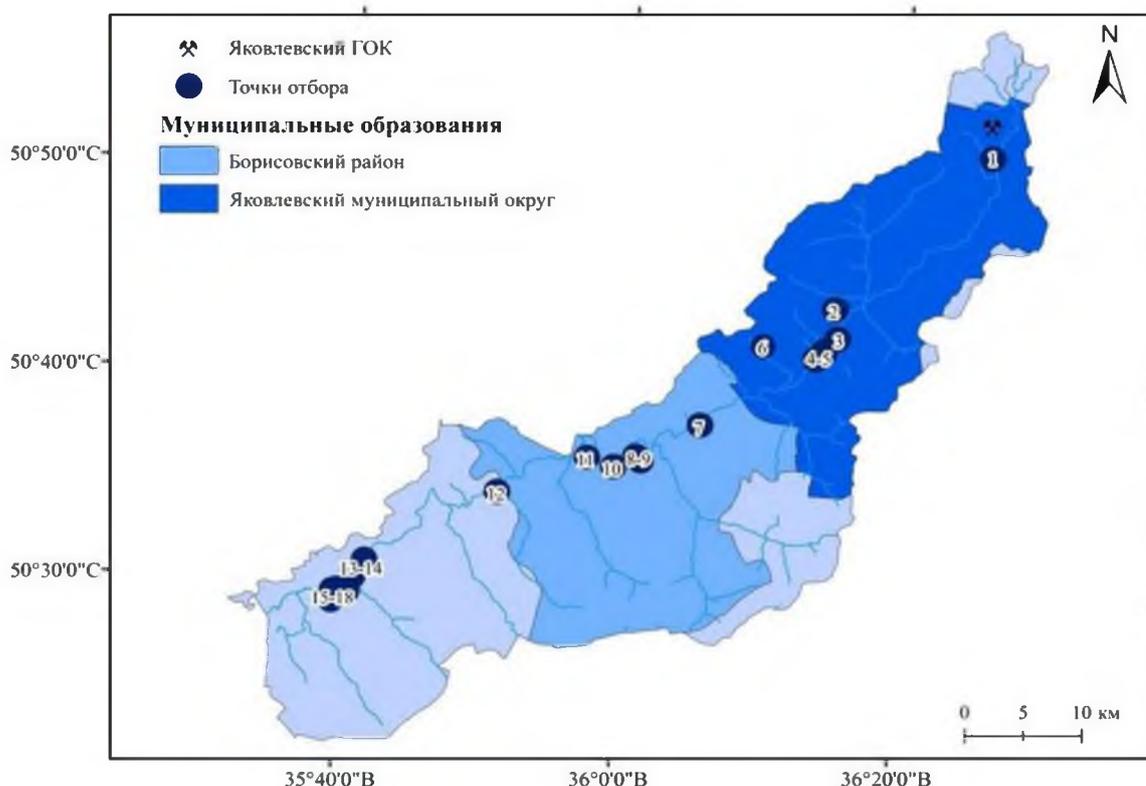


Рисунок 1 – Места отбора донных отложений на водосборе р. Ворскла.

Начиная от участка реки в границах п. Яковлево (№1) и ниже по течению (№ 2–4), донные отложения относятся к категории слабо загрязненных, что определяется величинами индекса загрязнения (Z_y) – в среднем 7,9 ($5,3 \div 10,0$). По превышению фоновых значений (в истоке реки) загрязнители формируют ранжированный ряд: $(Zn, V) > (Fe, As, Mn, Ni) > (Pb, Cu)$, а также нефтепродукты и азот аммонийный. Ниже по течению к такой категории загрязнения ($Z_y = 6,3$) относится одна точка отбора – в пос. Борисовка (№ 10), а самоочищающаяся эффективность реки проявляется вплоть до границы РФ. Важно отметить значимую разницу структуры поллютантов от вышеуказанного ряда (кроме Mn, для которого в 4 створах отмечено превышение фона). Основные поллютанты по числу превышений фона фор-

мируют ряд: Азот аммонийный (13) – Нефтепродукты, NO₂ (8, 7) – NO₃, Карбонаты (4, 3). Таким образом, донные отложения относятся к категории чистых на удалении 40 км от места сброса дренажных вод ЯГОКа, а на формирование химического состава седиментов оказывают влияние уже сточные воды хозяйственно-бытовые и животноводческих комплексов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания № FZWG-2025-0006.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас «Природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области» : учебно-справочное картографическое пособие / Под ред. Ф.Н. Лисецкого. Белгород : Изд-во БелГУ, 2005. 179 с.
2. Концепция и программа комплексного использования природных ресурсов ЭКО ВОРСКЛА / В.И. Забара, Ф.Н. Лисецкий, А.В. Дегтярь [и др.]. Белгород-Борисовка : Крестьянское Дело, 1997. 74 с. ISBN 5-86146-060-4.
3. Корнилова Е.А., Лисецкий Ф.Н., Родионова М.Е. Гидроэкологические особенности реки Ворсклы (российский участок) в контексте природно-хозяйственных изменений // Региональные геосистемы. 2023. Т. 47. № 4. С. 550–568.
4. Лисецкий Ф.Н., Панин А.Г. Бассейновая концепция природопользования на сельских территориях Белгородской области // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 1. С. 48-51.
5. Петин А.Н., Петина М.А., Погорельцева Е.И. Природные минеральные воды Белгородской области: современное использование и перспективы дальнейшего освоения // Научные ведомости БелГУ. Сер. «Естественные науки». 2017. № 11. С. 114-127.
6. Соковнина О.В. Микрюкова Е.М. Возможные схемы и методы очистки и утилизации рудничных и дренажных сточных вод // Общество. 2020. № 3(18). С. 16-20.

УДК 504.054:504.3.054

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ АРКТИКИ С ПОМОЩЬЮ ФИТОИНДИКАЦИИ

Опекунова Марина Германовна, д-р географ. наук, проф., ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», проф., Россия, Санкт-Петербург, m.opukinova@mail.ru

Опекунов Анатолий Юрьевич, д-р геол.-минерал. наук, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», проф., Россия, Санкт-Петербург, a_opukinov@mail.ru

Кукушкин Степан Юрьевич, канд. географ. наук, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», доцент, Россия, Санкт-Петербург, stepic@yandex.ru

Лисенков Сергей Алексеевич, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», аспирант, Россия, Санкт-Петербург, serlisenkov@mail.ru

Никулина Анна Романовна, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», магистрант, Россия, Санкт-Петербург, anna.2001-nik@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены результаты изучения растений на территории муниципального образования Новый Уренгой. Определено содержание металлов (Na, Ca, K, Al, Sc, Fe, Mn, Cd, Cr, Zn, Sr, Cu, Ni, Ba, Pb, Co, V) в индикаторных видах растений: лиственнице сибирской *Larix sibirica*, багульнике *Ledum decumbens*, лишайнике *Cladonia stellaris*. Выявлены индикаторные ассоциации химических элементов антропогенного загрязнения. На основе функции желательности Харрингтона рассчитан интегральный биоиндикационный показатель *BIP* (*Bioindication Integral Parameter*), отражающий интенсивность трансформации природных комплексов. Показана возможность использования фитоиндикации для оценки антропогенного нарушения и загрязнения окружающей среды.

Ключевые слова: окружающая среда, загрязнение металлами, г. Новый Уренгой, химический состав растений, виды-индикаторы