

Загрязнение воды водоемов Гомеля и прилегающих территорий тяжелыми металлами

Т. В. МАКАРЕНКО

Общая тенденция содержания тяжелых металлов в поверхностных водах изучаемых водоемов и водотоков выражается в следующем ряду: $Mn > Zn > Cr > Cu > Ni > Pb > Co$.

Основными загрязнителями воды водоемов и водотоков являются никель, хром и кобальт (в сравнении с фоном). Увеличение содержания отдельных металлов на участке реки в городской черте свидетельствует о загрязнении речной воды поверхностным стоком г. Гомеля. Снижение количества загрязнителей в воде реки, отобранной ниже впадения городских стоков, свидетельствует о том, что в бассейне р. Сож имеется достаточное количество водных ресурсов для разбавления сточных вод.

Ключевые слова: поверхностные природные воды, тяжелые металлы, антропогенная нагрузка, фоновые концентрации.

The common tendency of heavy metal content in the researched reservoirs and channels' surface waters can be expressed in the following row: $Mn > Zn > Cr > Cu > Ni > Pb > Co$.

The main water pollutants are nickel, chromium and cobalt (as compared with the background reservoir). The increase of metal content within the city limits reach of river is the result of the river water polluted by Gomel runoff. The decrease of pollutants in the waters being lower than Gomel runoff confluence is the result of the river Sozh having water source adequately (*largo manum*) to dilute discharged waters.

Key words: surface natural waters, heavy metals, anthropogenic load, background concentrations.

Введение

Ареной развития техно-геохимических аномалий чаще всего являются водные артерии дренирующие города [1], и водоемы городской зоны. Малые водоемы и водотоки городов не включены в систему мониторинга поверхностных вод, они практически не контролируются санитарно-эпидемиологическими службами. Между тем, вопросы функционирования малых водоемов и водотоков рано или поздно возникают перед службами санитарного контроля.

Цель работы – изучить содержание тяжелых металлов в воде водоемов, испытывающих различную антропогенную нагрузку и выявить наиболее загрязненные водоемы черты города.

Материалы и методы

На территории города располагаются водоемы: Дедно, Шапор, Любенское, Малое, Уобразное, Волоотовское. В пригородной зоне отдыха находятся озера Володькино, Круглое и Гребной канал. Для оценки влияния Гомельской городской агломерации на качество воды р. Сож и способности реки к самоочищению выполнялся отбор проб из реки выше города в районе д. Клёнки, в городской черте в районе парковой набережной и ниже города по течению в районе д. Чёнки. Старица у д. Поляновка (фоновый водоем) расположена на 10 км выше по течению от точки отбора проб на р. Сож у д. Клёнки.

Исследования проводились в 2008-2009 гг. Организованные выпуски промышленных и хозяйственно-бытовых стоков на момент исследований производились только в озёра Шапор и Дедно. Участок реки (д. Ченки), хотя и располагается ниже города, не принимает очищенные стоки Гомельской станции аэрации и загрязняется только поверхностным стоком города, стоком с огородов частного сектора и атмосферными выпадениями.

Отбор проб воды проводился в полиэтиленовые бутылки емкостью 1 л, предварительно (за 2-3 суток) заполненные водой водоемов для насыщения сорбции на стенках [2]. Пробы фильтровались через фильтр «синяя лента» и консервировались добавлением концен-

трированной HNO_3 до $\text{pH} = 2-3$. В большинстве случаев определение содержания тяжелых металлов в воде водоемов проводилось в день отбора проб. Содержание металлов определялось атомно-абсорбционным методом на AAS «Perkin Elmer – 406» [2] в лабораториях КПУП «Гомельводоканал» (г. Гомель).

Результаты и их обсуждение

При исследовании городов выделение аномальных концентраций элементов и их пространственного расположения является одной из ключевых проблем, однозначного решения которой пока нет [1]. В качестве критерия аномальности рекомендуют рассматривать превышение фона в 1,5 раза и более [3]. Для характеристики фона часто используют либо кларковые значения элементов (их природное содержание), либо уровни содержания тяжелых металлов на большом удалении от районов поступления загрязнения в окружающую среду [4]. Российские и белорусские исследователи [4, 5] считают, что «определение природных фоновых уровней или доиндустриальных концентраций для оценки загрязнения водоемов – одна из центральных задач проектов, рассматривающих компоненты водоемов как индикатор загрязнения».

В настоящей работе для выбора фоновое водоема была применена процедура выделения эталонных створов в соответствии с положениями Европейской Рамочной водной директивы [6]. Старичный комплекс у д. Поляновка Ветковского района был предположительно выбран в качестве локального (местного) фоновое водоема с наименьшим загрязнением и проведен сравнительный анализ содержания металлов в компонентах старичного комплекса с данными, полученными для остальных изученных водоемов. Для этого рассчитаны значения коэффициентов загрязнения:

$$K_z = \frac{C_i}{C_{\text{фон}}},$$

где K_z – коэффициент загрязнения; C_i – концентрация металла в компонентах изучаемого водоема; $C_{\text{фон}}$ – концентрация металла в компонентах фоновое водоема [6].

Средние значения коэффициентов загрязнения ($K_{\text{заг}}$) оказались выше единицы. Следовательно, в качестве фоновое водоема можно выбрать старичный комплекс у д. Поляновка Ветковского района (в таблицах обозначен как «фоновый водоем»).

Содержание тяжелых металлов в воде изучаемых водоемов существенно варьирует как в пределах одного водоема, так и в различных водоемах (таблица 1). Это является следствием нестационарности поступления загрязняющих веществ с поверхностным стоком с городских территорий, которое может привести к кратковременному массивному загрязнению вод. Среди рассматриваемых металлов значительные отличия в содержании в различных водоемах характерны для хрома и никеля: их максимальная концентрация превышает минимальный показатель более чем в 7 раз. Наименьшая разница показателей между различными водоемами города (1,6 раза) характерна для марганца. Самое высокое колебание концентрации в одном конкретном водоеме отмечено для цинка и хрома: кратность между максимальным и минимальным значением содержания данных металлов составляет в отдельных водоемах 10 раз. Среди водоемов наибольшие вариации содержания элементов определены для оз. У-образное, которое не принимает стоки предприятий и находится в городской зоне отдыха. При изучении водоемов Гомеля коллегами из Минска [1] установлено, что существенные изменения химического состава вод были зафиксированы в водных экосистемах, расположенных в пределах селитебной зоны.

Вода фоновое водоема в сравнении с другими изучаемыми водоемами содержит минимальное количество металлов, но данные величины превышают показатели фоновых природных территорий – р. Березина в пределах Березинского заповедника (по данным [6]) в 1,2 раза. Как известно, промышленные аэральные выбросы распространяются на значительные расстояния (более 100 км) [7], что может являться одним из путей поступления

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в воде водоемов и водотоков г. Гомеля и прилегающих территорий

Водоем	Концентрация, мкг/л						
	Cu	Zn	Mn	Co	Cr	Ni	Pb
оз. Малое	11,4±1,3	142,1±5,1	130,2±6,7	15,0±1,3	5,9±0,6	56,1±5,3	11,3±0,8
оз. Круглое	11,0±0,6	100,3±9,1	202,4±16,1	17,4±1,1	5,5±0,5	69,1±5,0	10,0±0,7
оз. У-образное	13,4±0,6	154,3±5,7	175,0±23,2	15,8±1,6	6,5±0,6	60,2±3,5	8,4±1,1
оз. Волотовское	20,0±1,9	122,3±5,3	193,3±13,2	10,3±0,8	16,0±1,4	69,3±7,3	9,0±0,9
оз. Шапор	14,2±0,7	83,0±3,6	174,0±18,6	14,4±1,1	6,5±0,5	48,3±2,7	10,0±1,0
оз. Дедно	16,4±1,6	92,3±10,5	186,2±8,7	21,4±2,1	7,8±0,7	84,2±1,7	9,3±0,7
оз. Любенское	17,4±1,3	71,0±7,1	147,5±11,5	14,2±1,4	7,9±0,6	77,0±5,6	13,1±1,8
Гребной канал	15,3±0,7	73,1±10,4	176,2±16,1	16,6±2,0	6,9±0,8	41,2±2,7	11,4±0,6
оз. Володькино	16,4±1,0	94,4±11,7	145,1±16,2	12,1±1,1	5,0±0,2	98,4±8,8	9,0±0,5
р. Сож (выше города)	13,9±1,05	113,1±12,6	159,0±12,3	9,3±0,9	4,5±0,3	45,1±4,5	8,6±1,2
р. Сож (центр города)	14,2±1,1	89,2±6,1	151,2±7,4	37,6±3,3	6,5±0,4	98,1±6,9	17,3±1,5
р. Сож (ниже города)	14,8±1,4	86,9±2,1	148,3±14,0	19,2±1,7	5,9±0,4	27,3±2,8	9,6±0,9
Фоновый водоем	8,1±1,3	73,6±2,8	122,1±13,7	7,1±0,8	2,8±0,7	13,5±1,1	8,3±0,7
ДК (питьевая вода) [10]	1000	5000	100	100	$500(\text{Cr}^{3+}) / 50(\text{Cr}^{6+})$	100	30
ПДК объекты культурно-бытового водопользования в числителе, рыбохозяйственного назначения в знаменателе [11]	$\frac{1000}{1}$	$\frac{1000}{10}$	$\frac{100}{10}$	$\frac{100}{10}$	$\frac{500(\text{Cr}^{3+}) / 50(\text{Cr}^{6+})}{5(\text{Cr}^{3+}) / 1(\text{Cr}^{6+})}$	$\frac{100}{10}$	$\frac{30}{100}$

загрязнителей в фоновый водоем. По литературным данным, крона деревьев обладает большой сорбирующей способностью и в подкороновые пространства, благодаря этому, поступает больше загрязнителей с атмосферными осадками, чем в межкороновые (различия могут составлять 10 раз) [7]. По берегу фонового водоема располагаются плотные заросли ивы козьей, подходящие к самому урезу воды и нависающие над водной гладью. Возможно, значительное количество растительности по берегам водоема и поступление загрязнений из атмосферы послужили причиной повышенных концентраций отдельных элементов в воде фонового водоема в сравнении с данными по р. Березине. Не исключено поступление элементов в водные массы фонового водоема из донных отложений (вторичное загрязнение воды) [8].

Повышенное содержание свинца отмечено в воде озер зоны отдыха – Любенское, Малое и Гребной канал, максимальное количество металла приходится на участок реки в центре города. Вдоль берегов озер Любенское и Малое располагаются крупные автотрассы, по реке в центре города постоянно движутся прогулочные катера и теплоходы, а как известно, даже неэтилированный бензин при горении выделяет соединения свинца [9]. Низкая концентрация элемента характерна для оз. У-образное, где определено максимальное количество свинца в донных отложениях. Возможно, отложения оз. У-образное обладают высокой сорбирующей активностью по отношению к соединениям металлов.

Минимальное содержание свинца отмечается в фоновом водоеме. Для цинка наблюдается противоположная закономерность: его количество в воде оз. У-образное характеризуется наибольшим среди всех водоемов уровнем, а наименьший показатель отмечен для воды оз. Любенское. Причем, в отдельных случаях, водоемы зоны отдыха (озера Круглое, Малое и Волоотовское) загрязнены цинком больше, чем водоемы, принимающие стоки. Самая высокая концентрация меди и хрома наблюдается в воде оз. Волоотовское, а самые низкие уровни содержания данных металлов зафиксированы, кроме фонового водоема, для оз. Круглое (медь) и участка реки выше города по течению (хром). Загрязнение марганцем констатируется для озер Круглое, Волоотовское и Дедно, а низкое количество элемента определено для оз. Малое и фонового водоема. Повышенные концентрации кобальта характерны для водоемов, принимающих поверхностный сток города (озера Малое, У-образное и Любенское) и сточные воды предприятий при максимальном содержании в воде реки на участке в центре города. Из общей картины выделяются водоемы загородной зоны отдыха (Гребной канал и оз. Круглое) с высоким количеством элемента и оз. Волоотовское (черта города), вода которого мало загрязнена соединениями металла. Аномально высокая концентрация никеля наблюдается в оз. Володькино и на участке реки в центре города. Кроме атмосферных выпадений, возможное влияние на оз. Володькино оказывает загрязненная вода р. Ипуть, принимающая стоки Добрушской бумажной фабрики. Минимальное содержание никеля отмечается в воде реки на участке ниже города, который испытывает значительную антропогенную нагрузку.

В сравнении с фоновым водоемом металлы располагаются в следующем ряду $Ni_{4,8} > Cr_{2,5} > Co_{2,4} > Cu_{1,8} > Zn_{1,4} \approx Mn_{1,4} > Pb_{1,3}$ (индекс показывает величину превышения фона или коэффициент загрязнения). Основными загрязнителями воды водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий в сравнении с фоном являются никель, хром и кобальт (таблица 2). Содержание металлов в воде изучаемых водоемов, за исключением фонового, в 1,5-2,0 раза выше, чем в р. Березине на территории Березинского заповедника (по данным [6]), что свидетельствует о загрязнении воды водоемов и водотоков г. Гомеля и прилегающих территорий.

Информативным показателем загрязненности воды водоема является сравнение содержания тяжелых металлов в водных массах с их предельно допустимыми концентрациями (ПДК). При сравнении с допустимыми нормами культурно-бытового водопользования установлено, что только концентрация марганца во всех водоемах выше норматива, в среднем, в 1,2-2,0 раза (таблица 1). Так как большинство водоемов используются для любительского, а некоторые и для промышленного рыболовства, проводилось сравнение с рыбохозяйственными ПДК. Концентрация свинца во всех водоемах значительно ниже предельно допустимых показателей рыбохозяйственных объектов. Уровень содержания хрома не превышает ПДК только в воде водоемов, расположенных выше города по течению. В остальных водоемах наблюдается

превышение нормы в 1,2-1,8 раза, и только для оз. Волотовское разница с допустимым уровнем составляет 3 раза. Речная вода ниже города загрязнена соединениями хрома в меньшей степени, чем вода в районе центра города. Количество никеля превышает ПДК во всех изучаемых водоемах в 1,4-9,8 раза. Для кобальта содержание ниже допустимого уровня определено только на участке выше города (д. Кленки) и в фоновом водоеме. Наиболее значимые превышения нормы отмечаются для марганца, меди и цинка, составляющие 7-20 раз.

Таблица 2 – Ассоциации металлов-загрязнителей в воде водоемов и водотоков г. Гомеля и прилегающих территорий

Водоем	По абсолютному содержанию	По отношению к фоновому водоему
оз. Малое	Mn>Zn>Ni>Co>Cu>Pb>Cr	Ni _{4,2} >Co _{2,1} >Zn _{1,9} >Cr _{2,1} >Pb _{1,4} ≈Cu _{1,4} >Mn _{1,1}
оз. Круглое	Mn>Zn>Ni>Co>Cu>Pb>Cr	Ni _{5,1} >Co _{2,5} >Cr _{2,0} >Mn _{1,7} >Cu _{1,4} >Zn _{1,4} >Pb _{1,2}
оз. У-образное	Mn>Zn>Ni>Cu>Cr>Co>Pb	Ni _{4,5} >Cr _{2,3} >Co _{2,2} >Zn _{2,1} >Cu _{1,7} >Mn _{1,4} >Pb _{1,0}
оз. Волотовское	Mn>Zn>Ni>Co≈Cu>Pb>Cr	Cr _{5,7} >Ni _{5,1} >Cu _{2,5} >Zn _{1,7} >Mn _{1,6} >Co _{1,5} >Pb _{1,1}
оз. Шапор	Mn>Zn>Ni>Co>Cu>Pb>Cr	Ni _{3,6} >Cr _{2,3} >Co _{2,0} >Cu _{1,8} >Mn _{1,4} >Pb _{1,2} >Zn _{1,1}
оз. Дедно	Mn>Ni>Zn>Cu>Co>Pb>Cr	Ni _{6,2} >Co _{3,0} >Cr _{2,8} >Cu _{2,0} >Mn _{1,5} >Zn _{1,3} >Pb _{1,1}
оз. Любенское	Mn>Zn>Ni>Co>Cu≈Pb>Cr	Ni _{5,7} >Cr _{2,8} >Cu _{2,1} >Co _{2,0} >Pb _{1,6} >Mn _{1,2} >Zn _{1,0}
Гребной канал	Mn>Ni>Zn>Cu≈Co>Pb>Cr	Ni _{3,1} >Cr _{2,5} >Co _{2,3} >Cu _{1,9} >Pb _{1,4} ≈Mn _{1,4} >Zn _{1,0}
оз. Володькино	Mn>Zn>Ni>Cu>Co>Pb>Cr	Ni _{7,3} >Cu _{2,0} >Cr _{1,8} >Co _{1,7} >Zn _{1,3} >Mn _{1,2} >Pb _{1,1}
р. Сож (д. Кленки)	Mn>Ni>Zn>Co>Pb>Cu>Cr	Ni _{3,3} >Cu _{1,7} >Cr _{1,6} >Zn _{1,5} >Mn _{1,3} ≈Co _{1,3} >Pb _{1,0}
р. Сож (центр города)	Mn>Zn>Ni>Co>Cu>Pb>Cr	Ni _{7,3} >Co _{5,3} >Cr _{2,3} >Pb _{2,1} >Cu _{1,8} >Mn _{1,2} ≈Zn _{1,2}
р. Сож (д. Ченки)	Mn>Zn>Ni>Cu≈Pb>Co>Cr	Co _{2,7} >Cr _{2,1} >Ni _{2,0} >Cu _{1,8} >Pb _{1,2} ≈Mn _{1,2} ≈Zn _{1,2}
Фоновый водоем	Mn>Zn>Ni>Cu≈Pb>Co>Cr	–

В соответствии с абсолютными значениями, общая тенденция содержания тяжелых металлов в поверхностных водах изучаемых водоемов выражена в следующем ряду: Mn > Zn > Cr > Cu > Ni > Pb > Co. Для Березинского биосферного заповедника ряд содержания металлов имеет вид: Mn > Zn > Ni > Cu > Cr > Pb [6]. Сходство рядов накопления, составленных для р. Березины и для изучаемых водоемов, свидетельствует об отсутствии значительной техногенной трансформации в составе воды водоемов и водотоков г. Гомеля и прилегающих территорий.

Учитывая положение кобальта в ряду элементов, составленном для участка реки в центре города (таблица 2), можно предположить, что металл в значительных количествах содержится в поверхностном стоке города.

Наиболее сильное комплексное воздействие на реки оказывают урбанизированные территории [12]. Ежегодный вынос взвешенных наносов с городских территорий в реки достигает 80 т/км² (р. Потомак г. Вашингтон) и 600 т/км² (р. Москва г. Москва) [12], для площадей, занятых под городским строительством – 1 600-24 400 т/км², в то время как снос с земель, находящихся под сельхозобработкой 150-960 т/км², а под лесами 7-45 т/км² [12]. По оценке белорусских исследователей поверхностные воды в городах подвергаются интенсивному химическому воздействию, где 72-87 % общей нагрузки приходится на долю тяжелых металлов – никеля, меди, цинка и хрома [13].

В настоящих исследованиях вода реки до прохождения черты города отличается более высоким содержанием никеля, цинка и марганца в сравнении с участком реки ниже города. Этот факт объясняется, по-видимому, тем, что по берегам реки выше города располагаются огороды дачных участков и деревень, стоки с которых идут в реку. Проведенные расчеты [14] свидетельствуют о заметном влиянии удобряемых сельхозугодий на вынос в водо-

емы в весенний и летне-осенний периоды таких элементов как марганец, медь, цинк, хром, никель и свинец. Исследования сельскохозяйственных угодий пригородных зон крупных промышленных центров республики (Минска, Могилева и Гомеля) показали, что вокруг городов существуют моно- и полиэлементные аномалии радиусом до 10 км, где содержание свинца, цинка, кадмия и меди в почвах выше среднефоновых значений, а в отдельных случаях превышает ОДК (ориентировочно-допустимые концентрации) для почв [15].

Для меди характерно постоянное увеличение ее концентрации по мере прохождения рекой городской черты. В отношении остальных элементов подобной тенденции обнаружено не было. Для кобальта, никеля, хрома и свинца отмечено выраженное увеличение их количества в городской черте и последующее уменьшение за чертой города. На выходе из городской черты концентрация кобальта и свинца снижается в 2 раза, никеля – в 3 раза. Причем количество никеля за чертой города ниже, чем на участке реки до принятия стоков города. Только для марганца и цинка характерно снижение содержания при движении вниз по течению реки. Ряды загрязнения воды элементами на участках реки выше и ниже города (таблица 2) практически одинаковые. А вот ряд загрязнения для участка реки в центре города имеет значительные отличия. Это свидетельствует о влиянии Гомельской городской агломерации на качество воды р. Сож.

Вода изучаемых водоемов загрязнена соединениями металлов, что является следствием поступления в водоемы загрязненных бытовых стоков, высокой замусоренностью берегов, трансформацией химического состава атмосферных осадков в городах и увеличением аэрозольных выпадений на подстилающую поверхность, что подтверждается и другими исследователями [1].

Выводы

1 Вода фонового водоема (старичный комплекс р. Сож у д. Поляновка Ветковского р-на) в сравнении с другими изучаемыми водоемами и водотоками содержит минимальное количество металлов, что позволяет использовать данный водоем в качестве локального (местного) фона. Наиболее загрязненной является вода озер Дедно и Волотовское, а также участка реки в центре города.

2 Общая тенденция содержания тяжелых металлов в поверхностных водах изучаемых водоемов и водотоков выражается в следующем ряду: $Mn > Zn > Cr > Cu > Ni > Pb > Co$. В сравнении с фоновым водоемом ряд имеет вид: $Ni_{4,8} > Cr_{2,5} > Co_{2,4} > Cu_{1,8} > Zn_{1,4} \approx Mn_{1,4} > Pb_{1,3}$. Основными загрязнителями воды водоемов и водотоков являются никель, хром и кобальт (в сравнении с фоном). Сходство рядов накопления, составленных для р. Березины и для изучаемых водоемов и водотоков, свидетельствует об отсутствии значительной техногенной трансформации в составе воды водоемов и водотоков г. Гомеля и прилегающих территорий.

3 Превышение ПДК, установленных для культурно-бытового водопользования, отмечается только для марганца. Однако содержание изучаемых элементов, за исключением свинца, выше допустимых для рыбохозяйственного пользования норм в 1,2-20,0 раз в воде большинства изучаемых водоемов и водотоков.

4 Увеличение содержания отдельных металлов на участке реки в городской черте свидетельствует о загрязнении речной воды поверхностным стоком г. Гомеля. Снижение количества загрязнителей в воде реки, отобранной ниже впадения городских стоков, свидетельствует о том, что в бассейне р. Сож имеется достаточное количество водных ресурсов для разбавления сточных вод до нормативов рыбохозяйственного и культурно-бытового водопользования.

Литература

1. Хомич, В.С. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси / В.С. Хомич, С.В. Карарека, Т.И. Кухарчик. – Минск : РУП «Минсктипроект», 2004. – 260 с.

2. Ветров, В.А. Микроэлементы в природных средах региона озера Байкал / В.А. Ветров, А.И. Кузнецова. – Новосибирск : СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1997. – 234 с.
3. Савченко, В.В. Рекомендации по организации и ведению геохимических наблюдений на стационарах комплексного экологического мониторинга фоновых ранга / В.В. Савченко, В.М. Натаров. – Минск, 1999. – 131 с.
4. Савченко, С.В. Оценка фоновых содержаний тяжелых металлов в пойменных почвах как основа геохимического мониторинга / С.В. Савченко // Природопользование. – 2001. – Вып. 7 – С. 66–70.
5. Усенков, С.М. Сравнительный анализ загрязнения донных отложений крупных озер Европы и Северной Америки (на примере озер Гурон, Венерн и Ладожское) / С.М. Усенков // Геоэкология. – 2003. – № 1. – С. 36–44.
6. Байчоров, В.М. Экологические риски и оценка состояния водотоков Беларуси / В.М. Байчоров, Г. М. Тишиков, Н. Н. Рощина. – Минск : Беларус. наука, 2006. – 118 с.
7. Лукина Н.В. Формирование качества природных вод лесных водораздельных территорий северной тайги / Н.В. Лукина, В.В.Никонов, Т.Т. Горбачёва // Водные ресурсы. – 2001. – Т.28, № 4. – С. 480–493.
8. Макаренко, Т.В. Накопление тяжелых металлов в донных отложениях водоемов и водотоков г. Гомеля и прилегающих территорий / Т.В. Макаренко // Литосфера. – 2004. – № 2 (21). – С. 146–157.
9. Саэт, Ю.Е. Антропогенные геохимические аномалии (особенности, методика изучения и экологическое значение) : автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. Наук : 25.00.09 / Ю.Е. Саэт ; ИМГРЭ. – М., 1982. – 53 с.
10. Санитарные правила и нормы. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы : СанПиН № 4630 – 88. 2.1.5.10-21-2003. Введ. 01.07.2003. – Минск : Минздрав, 2003. – 321 с.
11. О некоторых вопросах нормирования качества воды рыбохозяйственных водных объектов. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 8 мая 2007 г. № 43/42, Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 8 мая 2007 г. № 43/42 : Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2007 г., № 132, 8/16491. – Введ. 01.07.2007. – Минск : Мин. природ. ресурсов и охр. окр. среды, 2007. – 35 с.
12. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт [и др.]; под. ред. Ю.Е. Саэт. – Москва : Недра, 1990. – 336 с.
13. Особенности распределения микроэлементов в депонирующих компонентах городских ландшафтов (на примере г. Гомеля) / В.С. Хомич [и др.] // Природные ресурсы. – 1997. – №1. – С. 85 – 93.
14. Бреховских, В.Ф. Влияние изменения антропогенной нагрузки на гидрохимический и гидробиологический режимы Иваньковского водохранилища / В.Ф. Бреховских, А.Г. Кочарян, К.И. Сафронова // Водные ресурсы. – 2002 – Т.29, № 1. – С. 85–91.
15. Головатый, С.Е. Научные основы минимизации накопления тяжелых металлов в растениеводческой продукции на дерново-подзолистых почвах : автореф. дис. ...доктора сельскохозяйств. наук : 06.01.04 / С.Е. Головатый; НИРУП Ин-т почвовед. и агрохим. НАН Беларуси. – Минск, 2003. – 47 с.