

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ПРИОРИТЕТНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ВОДЫ КЛАЗЬМИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

SEASONAL DYNAMICS OF PRIORITY WATER POLLUTANTS IN THE KLYAZMINSKOYE RESERVOIR

**S. Kurbatov
V. Zubkova
A. Ponomarev**

Summary. On the basis of monitoring the water area of the Klyazminkoye reservoir, the water quality was analyzed according to the main indicators and hydrochemical indices. The excess of the standard concentrations for the content of iron, manganese, copper in all periods of research was revealed. A lower self-cleaning ability of water in the summer-spring period compared to the autumn-winter period has been established. The priority water pollutants are manganese, iron and copper. According to the specific combinatorial index of pollution, the reservoir water is classified as "dirty", based on biotesting — non-toxic.

Keywords: water bodies, pollution, hydrological indices, bioindication, self-purification.

Курбатов Сергей Андреевич

Аспирант, Российский государственный
социальный университет (Москва)
s.kurbatoff@icloud.com

Зубкова Валентина Михайловна

Д.б.н., профессор, Российский государственный
социальный университет (Москва)
vmzubkova@yandex.ru

Пономарев Анатолий Яковлевич

К.т.н., доцент, Российский государственный
социальный университет (Москва)
apn1@yandex.ru

Аннотация. На основе мониторинга акватории Клязьминского водохранилища проанализировано качество воды по основным показателям и гидрохимическим индексам. Выявлены превышения нормативных концентраций по содержанию железа, марганца, меди во все сроки исследований. Установлена более низкая самоочищающая способность воды в летне-весенний по сравнению с осенне-зимним периодом. Приоритетными загрязнителями воды являются марганец, железо и медь. По показателю УКИЗВ вода водохранилища относится к категории «грязная», на основании биотестирования — нетоксичная.

Ключевые слова: водные объекты, загрязнение, гидрологические индексы, биоиндикация, самоочищающая способность.

Различные виды водопользования влияют как на качество, так и на количество имеющихся водных ресурсов, в связи с чем, управление загрязнением поверхностных водных объектов играет важную роль как на национальном, так и на международном уровнях. Антропогенное давление на окружающую среду приводит к снижению качества воды, и нарушению глобального экологического водного баланса [2;4].

Существует множество источников загрязнения поверхностных водных объектов. В частности, их категоризируют на точечные и диффузные. Промышленные здания, города, хранилища пестицидов, свалки и т.д. являются примерами точечных источников. Их легче идентифицировать и контролировать, нежели диффузные источники, такие как выщелачивание нитратов и пестицидов в поверхностные и грунтовые воды в результате осадков, инфильтрации почвы и поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий. Такие источники вызывают значительные колебания загряз-

няемой нагрузки на водные объекты с течением времени [3;7;18].

Основным источником органического и неорганического загрязнения водохранилищ является деятельность человека. Многие токсичные соединения либо биологически не разлагаются, либо разлагаются медленно, поэтому они сохраняются в водной экосистеме. Эвтрофикация, вызванная обогащением воды азотом и фосфором, является еще одной общемировой проблемой [3].

Близкое расположение Клязьминского водохранилища к городу Москве предопределило высокую рекреационную нагрузку на акваторию водохранилища. Клязьминское водохранилище используется для водоснабжения города Москвы и Московской области, судоходства, обводнения реки Москвы, регулирования уровня и загрязненности поверхностной воды в реке Клязьме, а также для выработки электроэнергии на ГЭС. Водохранилище имеет высшую рыбохозяйственную ка-

Таблица 1. Места расположения гидрологических вертикалей наблюдения качества вод Клязьминского водохранилища

Номер и пункт створа	Координаты точек отбора		Источники загрязнения
	Широта	Долгота	
1. Хлебниковский затон (створ 1)	55°57'39.80"	37°30'51.70"	ОАО «ХМСЗ» ООО «ММ яхт-клуб «Спартак» ООО «Аэромарин» ООО «Хауз Лайн» ООО «Яхт-клуб «Аврора» ООО «Капитал-Строй» ООО «Экспресс-Трейдинг»
2. Котовский залив (створ 2)	55°57'20.10"	37°29'29.50"	МУП «Инженерные сети г. Долгопрудного» ООО «СК «Пороходъ» ООО «Долвейк» Митрохин В.А. (рекреация) АУ «ОДП г.о.Долгопрудный»
3. Поселок Дубрава (Створ 3)	55°59'04.65"	37°36'30.38"	ООО «Луч» ФГАУ «ОК «Клязьма» ФГЛПУ «СП «Подмосковье» ФНС России ФГКУ «Санаторий Дубрава ФСБ» ОСП «Яхт-клуб «Золотой город»

тегорию и в силу закона охраняется как особо охраняемая природная территория [4].

Для защиты источников питьевого водоснабжения предусмотрены санитарно-защитные зоны, разделенные на I, II и III пояса охраны. Хозяйственная деятельность в зонах санитарной охраны ограничена. В целях регламентации видов воздействия на водные объекты исходя из целевого назначения водного объекта устанавливаются нормативы допустимого воздействия. Указанные нормативы определяют допустимое совокупное воздействие всех источников на водный объект или его часть. В связи с чем, до 2030 г. установлены нормативы допустимого воздействия на акваторию Клязьминского водохранилища по следующим видам воздействия [10]:

- ◆ по привносу химических и взвешенных минеральных веществ;
- ◆ по использованию акватории под строительство гидротехнических и иных сооружений;
- ◆ по привносу микроорганизмов.

Высокая антропогенная нагрузка на акваторию и охранный зону Клязьминского водохранилища, а также повышенная сезонная рекреационная нагрузка и большая роль в питьевом водоснабжении г. Москвы обусловили актуальность исследования.

Целью наших исследований явилось изучение сезонной динамики приоритетных загрязнителей акватории Клязьминского водохранилища в створах с вы-

сокой рекреационной нагрузкой в навигационный период.

Методы

Исследования проведены зимой, весной, летом и осенью 2021 г. в акватории Клязьминского водохранилища на трех репрезентативных створах, с высоким рекреационным прессингом (табл. 1).

Отбор проб воды для всех анализов осуществляли в соответствии с требованиями к отбору проб природных вод, изложенных в ГОСТ 31861 [6] и Р52.24.353 [16].

Определение загрязняющих веществ в воде Клязьминского водохранилища проводили в аккредитованной бассейновой гидрохимической лаборатории ФГБ-ВУ «Центррегионводхоз».

Оценка токсичности поверхностных вод выполнена по тест-объектам *Chlorella vulgaris* beijer и *Daphnia magna* Straus, в соответствии с методиками ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 [11] и ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.12-06 [12].

В ходе исследования определено содержание соединений азота, тяжелых металлов, общие и специфические показатели качества в поверхностном водном слое Клязьминского водохранилища.

Полученные данные сравнивали со значениями предельно допустимых концентраций веществ для

Таблица 2. Некоторые общие показатели качества воды Клязьминского водохранилища

Номер створа/Показатель	Растворенный кислород	БПК ₅	Взвешенные вещества	рН, ед.	Т, °С	Цветность, градусы цветности
	мг/дм ³					
Створ 1 зима	11,45±0,04	2,2±0,01	7,0±0,7	7,6±0,2	1,5±0,1	102,0±2,0
Створ 1 весна	10,46±0,06	4,7±0,15	4,0±0,1	7,4±0,1	3,6±0,4	176,0±0,9
Створ 1 лето	11,71±0,01	2,9±0,09	9,0±0,4	8,3±0,03	26,2±0,9	88,0±0,91
Створ 1 осень	8,38±0,04	1,4±0,28	7,0±0,5	7,9±0,2	10,2±0,4	64,0±1,4
Створ 2 зима	10,20±0,03	2,1±0,01	4,0±0,1	7,6±0,04	0,7±0,01	96,0±0,97
Створ 2 весна	9,76±0,04	6,1±0,39	4,0±0,1	7,5±0,1	5,7±0,2	100,0±1,3
Створ 2 лето	12,10±0,04	3,1±0,47	10,0±0,3	8,4±0,09	26,9±0,31	84,0±0,7
Створ 2 осень	8,50±0,01	1,3±0,06	4,0±0,09	7,8±0,05	9,7±0,2	65,0±0,89
Створ 3 зима	12,59±0,04	1,9±0,04	4,0±0,09	7,9±0,1	3,8±0,01	114,0±1,7
Створ 3 весна	12,77±0,06	3,4±0,11	6,0±0,2	7,8±0,01	4,6±0,1	65,0±0,99
Створ 3 лето	11,80±0,04	4,1±0,21	9,0±0,4	8,9±0,2	27,0±0,3	76,0±0,74
Створ 3 осень	8,90±0,02	1,8±0,05	4,0±0,7	7,6±0,02	9,6±0,4	64,0±0,73
Норматив (ПДК)	4,0**	2,1**	3,0*	6,0–8,5**	отсутств.	30,0***

Примечание: * — норматив допустимого воздействия [10]

** — норматив качества воды рыбохозяйственного значения [15]

*** — санитарно-гигиенический норматив [13]

рыбохозяйственных водоемов [15], гигиеническими нормативами [13] и нормативами допустимого воздействия на водный объект [10], по наиболее жестким из числа установленных нормативов.

Оценку сезонного качества воды Клязьминского водохранилища в заданных створах оценивали по гидрохимическому индексу загрязнения воды, определяемого по формуле:

$$\text{ИЗВ} = \sum_{i=1}^N \left(\frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \right) / N,$$

где: C_i — фактическая концентрация элемента в воде, ПДК_i — предельно допустимая концентрация элемента, N — количество анализируемых показателей. При расчете ИЗВ предпочтения отдавались показателям, имеющим токсикологический или санитарно-токсикологический признак вредности, включая значения растворенного кислорода (R), рН и БПК₅ [5].

Нами составлен ряд показателей количества R и БПК₅ в исследуемых створах и вычислено соотношение этих показателей для оценки самоочищающегося потенциала воды (экспресс-тест), как характеристики фотосинтезирующей активности в водоеме к его деструктивной способности: R/БПК₅ [1].

Анализ качества воды в исследуемых створах за год проводили по удельному комбинаторному индексу загрязненности воды, в соответствии с положениями РД 52.24.643–2002 [17].

Результаты и обсуждение

Анализ общих показателей свойств воды, устанавливающий соответствие качества поверхностных вод требованиям водопользования и интенсивности антропогенной нагрузки на водоисточник по приоритетным показателям, указывает на избыточную цветность воды (табл. 2). Главная причина — это низкий уровень водообмена Клязьминского водохранилища, что, в свою очередь, замедляет процессы естественного самоочищения. Кроме этого, большой вклад вносят абиотические факторы: гидродинамика, геодинамика берегов и ложа, климатические факторы, морфология и геологическое строение берегов и ложа водохранилища.

Во все сроки исследований для всех створов были превышены санитарно-гигиенические нормативы по цветности. При этом минимальные (но превышающие ПДК значения) отмечены осенью, максимальные — весной за исключением створа 3, где максимальное превышение ПДК наблюдали зимой. Увеличение уровня цветности воды весной связано с дополнительным попаданием в водохранилище паводковых вод, а достаточно высокий уровень летом и осенью — с развитием биоты и ливневым стоком [4].

Активная реакция среды (рН), колебалась в пределах 7,40–8,90 ед., что характеризует её как слабощелочную. Сезонная изменчивость рН сопряжена с работой буферных систем воды, развитием и интенсивностью разложения органической биомассы, продукцией угле-

Таблица 3. Потенциал самоочищающей способности воды Клязьминского водохранилища по кислородным показателям

R/БПК5	Зима	Весна	Лето	Осень	
	Створ 1				
	5,18	2,22	4,04	5,94	
	Створ 2				
	4,77	1,60	3,90	6,53	
Створ 3					
6,49	3,75	2,87	5,56		

Таблица 4. Содержание приоритетных токсикантов в воде Клязьминского водохранилища, в долях от ПДК_{рх}.

Загрязняющее в-во	зима	весна	лето	осень	ПДК, мг/л
Створ 1					
Аммоний-ион	0,4	3,1	0,2	0,1	0,50
Железо общее	4,7	6,2	3,7	4,0	0,10
Кадмий	0,02	0,02	0,03	0,04	0,005
Марганец, 2+	8,7	11,3	2,3	4,6	0,01
Медь	2,2	2,9	21,0	2,4	0,001
Нефтепродукты	0,7	1,7	0,9	0,6	0,05
Нитраты	0,09	0,18	0,00	0,03	40,000
Нитриты	0,4	1,9	0,6	0,5	0,08
Свинец	0,4	0,1	0,1	0,3	0,006
Цинк	1,1	0,7	2,0	6,7	0,01
Створ 2					
Аммоний-ион	0,9	3,4	0,2	0,1	0,5
Железо общее	5,6	5,9	3,4	3,8	0,1
Кадмий	0,02	0,02	0,10	0,04	0,005
Марганец	21,0	19,0	1,1	4,0	0,01
Медь	2,2	2,8	2,4	2,6	0,001
Нефтепродукты	0,7	1,6	1,3	0,7	0,05
Нитраты	0,08	0,10	0,01	0,02	40
Нитриты	0,5	2,0	0,8	0,5	0,08
Свинец	0,03	0,06	0,03	0,33	0,006
Цинк	0,6	0,5	0,1	1,5	0,01
Створ 3					
Аммоний-ион	0,5	0,8	0,6	0,1	0,5
Железо общее	19,7	6,3	4,2	3,9	0,1
Кадмий	0,02	0,02	0,10	0,02	0,005
Марганец	6,7	5,6	1,0	3,0	0,01
Медь	4,9	2,6	3,3	3,1	0,001
Нефтепродукты	1,2	0,8	1,0	0,9	0,05
Нитраты	0,07	0,05	0,06	0,04	40
Нитриты	0,4	0,5	0,8	0,5	0,08
Свинец	0,03	0,03	0,03	0,03	0,006
Цинк	0,9	0,5	0,8	0,7	0,01

Примечание: жирным выделены показатели превышающие норматив

Таблица 5. Сезонная оценка качества воды Клязьминского водохранилища по показателю ИЗВ, 2021 г.

	зима	весна	лето	осень
ИЗВ	Створ 1			
	2,90 (IV загрязненная)	1,41 (III умеренно-загрязненная)	0,99 (II -чистая)	1,32 (III умеренно загрязненная)
	Створ 2			
	4,70 (V- грязная)	1,40 (III- умеренно загрязненная)	0,64 (II- чистая)	3,43 (IV загрязненная)
	Створ 3			
	4,85 (V- грязная)	0,87 (II - чистая)	0,99 (II - чистая)	1,10 (II - чистая)

кислого газа. Летний период во всех створах характеризовался наивысшей щелочностью.

Взвешенные вещества меняют физико-химические свойства воды как сами по себе, так и как адсорбенты, оказывающие мощное влияние на живые организмы. [8]. Наибольшее количество взвешенных веществ отмечено в летнюю межень. При этом концентрации взвешенных веществ превышают концентрации, используемые для установления нормативов допустимого воздействия на Клязьминское водохранилище

Нарушение гомеостаза между фотосинтезом и деградацией органических веществ приводит к снижению самоочищающей способности водохранилища. Растворенный кислород (R) можно использовать для оценки интенсивности фотосинтеза, а БПК₅ для оценки активности минерализации. При этом соотношение R/БПК₅ служит экспресс-тестом для анализа самоочищающего потенциала водоема [табл. 3]. Чем выше это соотношение, тем выше потенциал самоочищающей способности в водоемах.

Анализ самоочищающей способности Клязьминского водохранилища по кислородным показателям показал, что во всех исследуемых створах интенсивность процессов самоочищения в летне-весенний период ниже, чем в осенне-зимний период. Несмотря на некоторые различия в самоочищающей способности различных створов по периодам, средний потенциал самоочищения за год на разных участках водохранилища не изменялся.

Изучение содержания загрязнителей в воде Клязьминского водохранилища указывает на то, что в боль-

шинстве случаев наблюдаемые концентрации их ниже санитарно-гигиенических и рыбохозяйственных ПДК (табл. 4). Однако, по некоторым из них (железо, марганец, медь, цинк, нитриты, нефтепродукты) на отдельных вертикалях содержание превышает ПДК_{рх}. Следует отметить, что не все превышения по показателям носят системный характер. Такие показатели как нефтепродукты, нитриты, цинк имеют сезонный характер и различаются по гидрометрическим створам. Неоднородность распределения исследуемых показателей качества воды по акватории водохранилища обуславливается неоднородностью определяющих их прямых и косвенных факторов. Ключевую роль в сезонном загрязнении акватории водохранилища играет рекреация и судоходство, имеющие не круглогодичный навигационный период.

Во всех створах во все сроки анализа существенно превышены ПДК по железу, марганцу, меди; весной кроме того в створах 1 и 2 превышены содержания аммоний-иона более, чем в 3,2 раза; нефтепродуктов — более, чем в 1,6 и нитритов — в 2 раза. В осенне-летний период в отдельных створах отмечено повышенное содержание цинка.

Анализ гидрохимического индекса загрязнения воды показал (табл. 5), что категория качества воды Клязьминского водохранилища в створе 1 характеризуется как загрязненная в зимний период, умеренно-загрязненная в весенний и осенний периоды. Качество воды в створе 2 характеризуется как грязная в зимний, умеренно загрязненная в весенний, загрязненная в осенний периоды. В створе 3 качество воды в зимний период характеризуется как грязная, в весенне-осенний период как чистая.

Таблица 6. Оценка качества воды Клязьминского водохранилища по показателю УКИЗВ, 2021 г.

Номер	Вертикаль	УКИЗВ	Класс качества, характеристика загрязнённости	Коэффициент комплексности, %	Критические показатели загрязнённости
1	Створ 1	5,61	IVa. Грязная	52,5	-
2	Створ 2	5,37	IVa. Грязная	50,0	Марганец, 2+
3	Створ 3	3,76	IVa. Грязная	40,0	Железо общее

Таблица 7. Показатели токсичности воды по результатам биотестирования

Номер створа/Показатель	Тест-объект	Продолжительность наблюдения (час)	Оценка тестируемой пробы
Створ 1 (зима, весна, лето, осень)	<i>Chlorella vulgaris beijer</i>	22	Не оказывает острое токсическое действие при $1 < K_p^* \leq 100; 1000$
	<i>Daphnia magma Straus</i>	48	Не оказывает острое токсическое действие при $1 < K_p^* \leq 100; 1000$
Створ 2 (зима, весна, лето, осень)	<i>Chlorella vulgaris beijer</i>	22	Не оказывает острое токсическое действие при $1 < K_p^* \leq 100$ ТКР** — 2,2 раза (зима) ТКР** — отст. (весна, лето, осень)
Створ 3 (зима, весна)	<i>Chlorella vulgaris beijer</i>	22	Не оказывает острое токсическое действие при $1 < K_p^* \leq 100$ ТКР** — 2,1 раза
Створ 3 (лето, осень)	<i>Chlorella vulgaris beijer</i>	22	Не оказывает острое токсическое действие при $1 < K_p^* \leq 100; 1000$
	<i>Daphnia magma Straus</i>	48	Не оказывает острое токсическое действие при $1 < K_p^* \leq 100; 1000$

Примечание: * — кратность разведения;

** - токсичная кратность разбавления вод, в случае превышения критерия токсичности в виде 20% подавления роста или 30% стимуляции роста.

При этом во всех исследуемых створах качество воды в летний период характеризуется как чистая.

По удельному комбинаторному индексу загрязнённости вода во всех исследуемых створах Клязьминского водохранилища в 2021 г характеризуется как «грязная» (табл. 6).

В настоящее время предпочтение отдают оценке качества поверхностных вод на основе сочетаний гидрохимических и гидробиологических (эколого-токсикологических) показателей. Применение методов биоиндикации и биотестирования в исследовании водных объектов позволяет оценить качество воды с помощью водных организмов.

В результате биотестирования установлено, что во всех исследуемых образцах, водная вытяжка без разведения не оказывает токсического действия на *Chlorella vulgaris beijer* и *Daphnia magma Straus*. Для исследуемых образцов в соответствии с приказом Минприроды России № 536 от 04.12.2014 [14] устанавливается 5 класс опасности (практически не опасна), степень токсичности вод — нетоксичная.

Выводы

Проведенные исследования показывают, что приоритетными загрязнителями воды Клязьминского водохранилища являются железо, марганец и медь. В отдельные сроки отмечаются превышения нормативных

концентраций по аммоний-ионам нефтепродуктам, нитритам и цинку. Отношение содержания растворенного кислорода к биохимическому потреблению его показывает на стабильность среднего потенциала самоочищения воды за год на разных участках водохранилища.

Неоднозначность результатов оценки воды по УКИЗВ и биотестированию требует комплексной эколого-токсикологической оценки загрязненности поверхностных вод суши и совершенствования величин предельно-допустимых концентраций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акбаева Л.Х. и др. Сезонная динамика самоочищающей способности водоемов Акмолинской области // Гидрометеорология и экология. — 2019. — № 2 (93). — С. 121–130.
2. Алматов Б.И., Нуралиев Н.А., Нуралиева Х.О. Анализ и оценка посезонной динамики показателей химического состава воды некоторых водохранилищ Узбекистана // Гигиена и санитария. — 2017. — Т. 96. — № 2.
3. Богомолов А.В. и др. К вопросу оценки качества воды Аргазинского водохранилища // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. — 2021. — № 1. — С. 6–23.
4. Волков Д.А. Качество вод Клязьминского водохранилища // Вестник Московского университета. Серия 5. География. — 2011. — № 4.
5. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод. Утв. Госкомгидрометом СССР 22.09.1986 г. № 250–1163. — М.: 1986. — 5 с.
6. ГОСТ 31861–2012 «Межгосударственный стандарт. Вода. Общие требования к отбору проб» от 01.01.2014.
7. Живетина А.В. и др. Сезонные особенности химического состава и качества воды в водохранилище руслового типа // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. — 2021. — Т. 7. — № 1. — С. 259–276.
8. Зиновьев Е.А., Китаев А.Б. О воздействии взвешенных частиц на гидрофауну // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2015. — Т. 17. — № 5–1.
9. Кочкарева А.С., Ахмедова Н.Р. К вопросу о состоянии малых водных объектов урбанизированных территорий // Вестник молодежной науки. — 2019. — № 5 (22).
10. Нормативы допустимого воздействия по бассейну Клязьминского водохранилища, утвержденные Заместителем руководителя Федерального агентства водных ресурсов от 28.01.2015.
11. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10–04 «Токсикологические методы контроля. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления».
12. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.12–06Т 16.1:2:2:3:3.9–06 «Токсикологические методы контроля методика измерений количества *Daphnia magna* straus для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления методом прямого счета».
13. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01. 2021 года № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
14. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 04.12. 2014 г. № 536 «Об утверждении Критериев отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду», зарегистрировано в Минюсте РФ 29 декабря 2015 г.
15. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (Зарегистрирован 13.01.2017 № 45203).
16. Р 52.24.353–2012 «Рекомендации. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод» утверждены Заместителем Руководителя Росгидромета от 02.04.2012.
17. РД 52.24.643–2002 «Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям».
18. Miyittah M. K. et al. Assessment of surface water quality status of the Aby Lagoon System in the Western Region of Ghana // Heliyon. — 2020. — Т. 6. — № 7. — С. e04466.

© Курбатов Сергей Андреевич (s.kurbatoff@icloud.com),

Зубкова Валентина Михайловна (vmzubkova@yandex.ru), Пономарев Анатолий Яковлевич (anpn1@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»