

5. Георгиади, А.Г. Географический подход к предвычислению максимального весеннего стока. – М.: ИГ АН СССР, 1983. – 166 с.
6. Георгиади, А.Г. О соотношении природно-климатических и антропогенных факторов в многолетних изменениях речного стока // Вода и водные ресурсы: системообразующие функции в природе и экономике: труды Всероссийской научной конференции: сб. материалов / А.Г. Георгиади, Н.И. Коронкевич, Е.А. Кашутина, Е.А. Барабанова, И.С. Зайцева, С.В. Долгов – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. – С. 41–47.
7. Георгиади, А.Г. Климатические и антропогенные факторы в многолетних изменениях стока реки Волги / А.Г.Георгиади, Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева, Е.А. Кашутина, Е.А. Барабанова // Водное хозяйство России – 2013. – № 4. – С. 4–19.
8. Георгиевский, В.Г. Изменения стока рек России и водного баланса Каспийского моря под влиянием хозяйственной деятельности и глобального потепления: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. – СПб., 2005. – 39 с.
9. Джамалов, Р.Г. Формирование современных ресурсов поверхностных и подземных вод Европейской части России / Р.Г. Джамалов, Н.Л. Фролова, Г.Н. Кричевец, Т.И. Сафронова, М.Б. Киреева, М.И. Игонина // Водные ресурсы. – 2012. – Т. 39. – № 6. – С. 571–589.
10. Зайцева, И.С. Маловодные годы в бассейне Волги: природные и антропогенные факторы. – М.: Институт географии АН СССР, 1990. – 184 с.
11. Коронкевич, Н.И. Водный баланс Русской равнины и его антропогенные изменения. – М.: Наука, 1990. – 205 с.
12. Крестовский, О.И. Влияние рубок и восстановления лесов на водность рек. – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – 189 с.
13. Львович, М.И. Вода и жизнь. – М.: Мысль, 1986. – 256 с.
14. Новиков, С.М. Прогноз изменений водных ресурсов крупных рек СССР под влиянием осушительных мелиораций / С.М. Новиков, Ж.С. Гончарова // Труды ГГИ. – 1978. – Вып. 255. – С. 54–68.
15. Христофоров, А.В. Надежность расчетов речного стока. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 166 с.
16. Шикломанов, И.А. Антропогенные изменения водности рек. – Л.: Гидрометеоздат, 1979. – 304 с.
17. Шикломанов, И.А. Гидрологические аспекты проблемы Каспийского моря. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 79 с.

Материал поступил в редакцию 12.04.14

GEORGIADI A.G. KORONKEVICH N. I. ZAYTSEVA I.S. KASHUTINA E.A. BARABANOVA E.A. Anthropogenous and climatic changes of a drain in the basin of Volga

The calculations showed that assessment of human-induced changes of the Volga river annual runoff derived from the difference between the naturalized and the observed runoff, gave quite similar results with the estimation based on the direct determination of the hydrological role of each type of anthropogenic impact. The total anthropogenic reduction of the Volga river annual runoff was 998/1090 km³ compared to conventionally natural period in which the Volga annual runoff was equal to 268 km³, i.e. about 5% of mean annual runoff. In some periods, and season changes were much greater. The impact of anthropogenic factors determined decrease of annual runoff and runoff during flood of the same scale as the climate change impact in comparing with conventionally natural period, but it has led to a significant increase in the winter and the summer-autumn runoff.

УДК 504.45.58

Занкевич Д.Л., Романовский Ч.А.

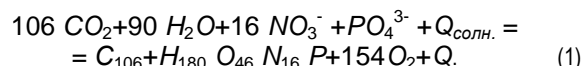
ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ В БАСЕЙНЕ РЕКИ НЕМАН К АНТРОПОГЕННУМУ ЭВТРОФИРОВАНИЮ

Введение. Антропогенное эвтрофирование водоемов приводит к нарушению биологического равновесия: изменяется альгофлора (видовой состав водорослей), возрастает плотность популяций миксотрофных (сине-зеленых) видов, снижается плотность популяций зеленых водорослей – происходит так называемое «цветение» воды. В дальнейшем при отмирании этих видов снижается содержание кислорода в воде, повышается содержание сероводорода. Кроме того, сине-зелёные водоросли являются ядовитыми и выделяют токсины, отравляющие животный мир водоема [6].

Эвтрофирование – процесс обогащения водоемов питательными веществами – биогенными элементами, к которым относятся: азот, фосфор, углерод, кремний, железо и другие элементы биогенного происхождения.

Сопутствующими факторами, определяющими степень эвтрофирования, является температурный режим, освещенность, глубина водоема, интенсивность водообмена. Контролируют процесс фотосинтеза и интенсивность первичной продукции все перечисленные факторы, но лимитирующими являются соединения азота и, в первую очередь, фосфора, поскольку при достаточной обеспеченности этим элементом азот сине-зеленые водоросли могут усваивать из воздуха.

Связь процесса эвтрофирования поверхностных вод с обогащением их азотом и фосфором вытекает из схемы балансового уравнения фотосинтеза [6, 7, 11]:



Согласно закону действующих масс, увеличение концентрации в воде азота и фосфора ведет к повышению продуктивности фотосинтеза, что и ведет, в конечном счете, к повышающей уровень трофности водного объекта. Это положение подтверждено многочисленными натурными исследованиями и расчетами математических моделей [6, 11].

В начале XX-го века А.Тинеманом и Э.Науманом [5] для водной среды введено понятие «трофия» (от греческого *trophe* – питание, пища), которое и легло в основу классификации водоемов по степени их трофности. Соответственно выделяют три генетических типа: олиготрофные, мезотрофные и эвтрофные [11].

Уровень трофии водоема определяется отношением биомассы, продуцируемой в процессе фотосинтеза, к биомассе, подвергшейся деструкции за одинаковый промежуток времени (как правило, за год). Олиготрофные водоемы характеризуются низким уровнем первичной продукции и все образуемое органическое вещество последовательно, пропорционально его нарастанию утилизируется живыми организмами – бактериями, зоопланктоном, бентосом. В эвтрофных водоемах масса образуемого в результате фотосинтеза органического вещества преобладает над массой утилизированного в результате деструкционных процессов. Такое несбалансированное соотношение приводит к снижению содержания кислорода в воде, развитию анаэробных процессов разложения органики и, как след-

Занкевич Денис Леонидович, аспирант кафедры экологического мониторинга и менеджмента Международного государственного экологического университета им. А.Д. Сахарова.

Романовский Чеслав Адамович, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологического мониторинга и менеджмента Международного государственного экологического университета им. А.Д. Сахарова.

Республика Беларусь, г. Минск, 220070, ул. Долгобродская, 23.

ствии, – к накоплению аммиака, сероводорода и других токсинов, являющихся причиной гибели гидробионтов [6, 7, 5, 9].

Избыток поступления в водные объекты лимитирующих первичную продукцию биогенных элементов из точечных и рассеянных источников рассматривается как процесс антропогенного эвтрофирования, а нарушение по этой причине продукционно-деструкционных процессов, т.е. само эвтрофирование – как следствие.

Из вышесказанного следует, что генеральной линией в борьбе с антропогенным эвтрофированием являются мероприятия, обеспечивающие выявление путей поступления биогенных элементов в конкретный водный объект с водосбора из рассеянных и точечных источников. Лишь после определения и устранения «биогенных» противоречий между водосбором и водоемом можно говорить о «терапии» внутриводоемных процессов или о «хирургическом» вмешательстве в них [7, 5].

Для разработки и обоснования мероприятий по ограничению поступления биогенных элементов в водоем необходимо знать объем возможных поступлений лимитирующей первичную продукцию биогенного элемента и допустимый предел, в результате превышения которого в водоеме будет протекать процесс эвтрофикации, и он перейдет в разряд эвтрофного. Решение проблемы по охране водоемов от антропогенного эвтрофирования и восстановления качества природных вод возможно только на основе определения баланса биогенных элементов в системе «водосбор водоем» [5].

Процессы эвтрофирования водоемов с точки зрения количественных оценок начали анализировать с 50–60-х годов XX века, когда первые серьезные лимнологические исследования этого процесса показали тесную зависимость трофического состояния озера от комплекса гидрологических и гидрохимических факторов [Sakamoto, 1966, цит по 1], Vollenweider, [16]. Исследовав данные по относительно небольшому количеству озер США и Канады, Раусон показал наличие связи между глубиной озера и биомассой фитопланктона в нем [14, 15].

Обобщив и проанализировав ряд работ по гидрологии, гидрохимии и гидробиологии озер Японии, Сакамото выявил тесную зависимость между концентрацией фосфора и содержанием хлорофилла в озерах Японии [Sakamoto, 1966, цит. по 1].

Речная система Немана разбита равномерно и состоит из 4030 водотоков. В бассейне реки Неман создан ряд искусственных водоемов – 22 водохранилища (ещё одно водохранилище – Немоновской ГЭС – строится в настоящий момент) и 418 прудов, регулирующих водный режим рек. Водоохранилища отличаются небольшими объемами и площадью зеркала и относятся к речному типу, категории малых (за исключением Вилейского).

Пруды являются не только регуляторами местного стока, но и естественными биофильтрами, которые задерживают значительную часть транспортируемых реками загрязняющих веществ [3].

Изначально (30-50-е года XX века) строительство водохранилищ было связано с получением электроэнергии. Крупные водохранилища создавались в середине прошлого века в связи с широко развернутым строительством межколхозных и районных гидроэлектростанций. Позже (70-80-е) их количество заметно увеличилось в связи с мелиоративными работами.

Водоохранилища служат для водного благоустройства и водообеспечения населенных пунктов (Вилейское, Рачунское), промышленного водоснабжения (Миничи, Ольховское), энергетики (Волпянское, Гать, Гезгальское, Ольховское, Рачунское, Яновское, вхдр Гродненской ГЭС), увлажнения (Зельвянское, Репихово), развития рыбного хозяйства (Домановское, Миничи), создания водно-рекреационных систем (Вилейское, Гать, Гезгальское, Волпянское, Зельвянское, Кутовщинское, Лаздунское, Лошанское, Миничи, Ольховское, Паперня, Плещеницкое, Рачунское, Репихово, Саковщинское, Хатьковцы, Яновское) [2].

Материалы и методы исследования. Опираясь на данные вышеуказанных исследований, Фолленвейдер разработал первые диаграммы для определения трофического состояния озер в зависимости от глубины озера и фосфорной нагрузки на него [16, 17].

Несколько позже для расчета средней концентрации фосфора в озерах он применил дифференциальные балансовые уравнения. Эмпирическая зависимость коэффициента седиментации фосфора от интенсивности водообмена озера, которую он предложил, завершила формирование достаточно стройной концепции количественного описания процесса эвтрофирования водоема, основанной на стационарных балансовых моделях. Фолленвейдер установил «допустимую нагрузку», ниже которой водоем остается в олиготрофном состоянии, и «критическую нагрузку», превышение которой грозит водоему переходом из мезотрофного состояния в эвтрофное. В дальнейшем автор усовершенствовал свою модель, введя понятие времени, за которое происходит полный водообмен, как показатель степени проточности водоема [17].

Данная модель и применена нами для расчета критической нагрузки фосфора на водохранилища бассейна реки Неман в пределах Беларуси. Если допустимая нагрузка определяется графически [5, 11, 13, 16, 17], то критическая по формуле:

$$\tau = 0,025 \frac{L}{\tau W} (1 + \sqrt{\tau W}), \quad (2)$$

где τ – критическая нагрузка, $\text{г}/\text{м}^2/\text{год}$; L – средняя глубина, м; τW – время полного водообмена, год, который определяется отношением полного объема водохранилища (млн. м^3) к стоку (млн. м^3).

Результаты исследований и их обсуждение. Бассейн реки Неман, в границах Беларуси, расположен в пределах Белорусской антеклизы, включая её наиболее возвышенную часть – Центральнорусский массив. Рельеф обуславливает условия водообмена, от которых зависит минерализация и химический состав вод. Общим признаком, определяющим характер процессов почвообразования в бассейне Немана, является господство промывного типа водного режима.

Степень расчлененности рельефа определяет величину поверхностного и твердого стока, с которым и поступает в водотоки и водоемы ключевого лимитирующего процесс эвтрофирования элемента – фосфора.

Процесс эвтрофирования вод за счет поступления фосфора в большой мере усугубляется высокой степенью антропогенной нагрузки водосборов левобережных притоков Немана, протекающих по территории районов, характеризующихся относительно низкой лесистостью, высокой степенью распаханности, наличием эрозионных процессов и большой плотностью крупного рогатого скота. К районам с такой характеристикой относятся: Столбцовский, Несвижский, Ивацевичский, Кореличского, Новогрудский, Зельвенский, Волковысский, Свислочский. Например, лесистость в Зельвенском районе составляет 17,6 %, распаханность 47 %, в Кореличском соответственно – 20,6% и 43,2%, в Волковыском – 24,2% и 50,8%.

В то же время земли районов, расположенных на территории бассейнов правосторонних притоков, такие как Ивьевский, частично Воложинский и Логойский, характеризуются меньшей степенью распаханности и большей лесистостью.

Существует множество критериев классификации и типизации водохранилищ: по географическому положению, по расположению в природных и высотных зонах, по величине водных объектов, по особенностям водных объектов, на которых они создаются, по особенностям режима объектов, по геоморфологическим особенностям, по характеру использования водохранилищ, по характеру регулирования стока и др.

В нашем исследовании при характеристике физико-географических особенностей водосборов водохранилищ в качестве ключевого критерия мы избрали уровень лесистости и степень распаханности водосборов рассматриваемых водохранилищ (табл. 1).

Данные, приведенные в таблице 1, позволяют ранжировать водосборы исследуемых водохранилищ на сильнозалесенные (Плещеницкое, Домановское, Лошанское), умереннозалесенные (Вилейское, Хатьковцы, Лаздунское, Гродненской ГЭС, Ольховское, Репихово, Гезгальское, Волпянское) и слабозалесенные (Яновское, Чемелинское, Гать, Зельвенское, Паперня, Саковщинское, Рачунское, Остров, Кутовщинское, Дублянское, Миничи).

Таблица 1. Физико-географические показатели водосборов водохранилищ бассейна Немана [2]

Название водохранилища	Водоток, на котором расположено водохранилище	Административный район	Тип водохранилища	Лесистость водосбора, %	Распаханность территории, %	Площадь плоскостной эрозии, %	Средний годовой сток за многолетний период, млн. м ³
			Вид регулирования				
Плещеницкое	Двиноса	Логойский	руслевое	60	20	17,5	50,7
			сезонное				
Домановское	Щара	Ивацевичский	руслевое	46	40	6,2	375,0
			сезонное				
Лощанское	Лоша	Узденский	руслевое	45	45	0,8	9,5
			сезонное				
Вилейское	Вилия	Вилейский	руслевое	35	30	4,8	939,9
			сезонное				
Хатьковцы	Рось	Волковысский	руслевое	35	25	14,7	51,18
			сезонное				
Лаздунское	Горяча	Ивьевский	руслевое	33,5	40	4,7	5,3
			суточное				
			суточное				
Гродненской ГЭС	Неман	Гродненский	руслевое	31,7	32	22,9	6213
			суточное				
Репихово	Липнянка	Ляховичский	руслевое	30	40	6,6	10,1
			сезонное				
Ольховское	Страча	Островецкий	руслевое	25	35	9,6	269,7
			сезонное				
Гезгалское	Молчадь	Дятловский	руслевое	22	40	16,6	276
			суточное				
Волпянское	Рось	Волковысский	руслевое	20	50	14,7	197,0
			суточное				
			суточное				
Яновское	Лоша	Островецкий	руслевое	19	4,5	9,2	92,0
			суточное				
Чемелинское	Щара	Ивацевичский	наливное	18	40	6,2	375,0
			сезонное				
Гать	Лохозва	Барановичский	руслевое	17	40	12,3	44,4
			сезонное				
Зельвенское	Зельвянка	Зельвенский	руслевое	16	40	12,7	206,9
			сезонное				
Паперня	Зельвянка	Пружанский	руслевое	16	50	14,3	77,3
			сезонное				
Саковщинское	Березина	Воложинский	руслевое	15	60	15,8	239,6
			сезонное				
Рачунское	Ошмянка	Сморгонский	руслевое	12	45	10,1	221,21
			сезонное				
Остров	Мышанка	Ляховичский	наливное	12	40	6,6	103,4
			сезонное				
Кутовщинское	Сервечь	Барановичский	руслевое	10	50	12,3	23,0
			суточное				
Дублянское	Веретейка	Мостовский	наливное	7	50	6,5	29,6
			сезонное				
Миничи	Щара	Ляховичский	руслевое	6	50	6,6	95,9
			сезонное				

Физико-географические показатели водосборов водохранилищ, указанные в таблице 1, формируют фактическую нагрузку фосфора на водохранилище, которая, в конечном счете, сопоставляется с критической нагрузкой. Так, известно, что значительную роль в абсорбации фосфора играет лесная растительность [1, 6, 8, 9, 10, 13]. Однако при этом важна не только сама степень лесистости водосборов, но и пространственный рисунок расположения участков лесной растительности на водосборе. Наименьшие показатели концентрации фосфора будут наблюдаться (не считая полностью залесенных водосборов) на водосборах с равномерным размещением лесной растительности. Так, например, Вилейское водохранилище является более уязвимым с точки зрения антропогенного эвтрофирования по критической нагрузке, чем Яновское водохранилище, хотя степень лесистости водосбора у первого на 16 % больше, чем у второго.

Таким образом, сток всех перечисленных водохранилищ формируется на территориях, представляющих собой геосистемы, характеризующиеся различными геоморфологическими, климатическими, почвенными условиями и растительным покровом.

Расчеты фактической нагрузки фосфором на водотоки и зарегулированные водоемы бассейна реки Неман, с учетом лесистости, распаханности и степени развития эрозионных процессов, будут определены нами в дальнейшей работе по соответствующим моделям.

На данном же этапе проведена оценка устойчивости водной среды водохранилищ к эвтрофированию путем определения критической нагрузки.

Таблица 2. Критическая нагрузка фосфора для водохранилищ бассейна Немана

Название водохранилища	Площадь зеркала водохранилища при НПУ, км ²	Полный объем при НПУ, млн. м ³	Средний годовой сток за многолетний период, млн. м ³	Гидроморфологические показатели			Критическая нагрузка фосфором, (Робщ.)		
				Средняя глубина, L, м	Время полного водообмена, лет (t _w)	$\frac{L}{t_w}$	г/м ² в год	Тонн на водохранилище	г/м ³ в год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вилейское	77,0	260,0	939,9	3,4	0,28	12,14	0,46	35,42	0,13
Волпянское	1,2	1,7	197	1,43	0,01	143	3,93	4,72	2,78
Гать	1,8	3,2	44,4	2,5	0,072	34,72	1,1	1,98	0,62
Гезгальское	1,2	1,2	276	1,0	0,004	250	8,86	10,63	8,86
Домановское	1,5	1,8	375	1,2	0,005	240	6,42	9,63	5,35
Дублянское	0,5	1,4	29,6	2,53	0,047	53,83	1,64	0,82	0,59
Зельвянское	11,9	28,0	206,9	2,62	0,135	19,41	0,66	7,85	0,28
Кутовщинское	1,0	1,4	23,0	1,33	0,061	21,80	0,68	0,68	0,49
Лаздунское	0,61	1,0	5,3	1,69	0,189	8,94	0,32	0,2	0,2
Лошанское	3,4	5,4	9,5	1,6	0,568	2,82	0,12	0,41	0,08
Миничи	5,4	7,5	95,9	1,4	0,078	17,95	0,57	3,08	0,41
Ольховское	0,7	2,1	269,7	3,0	0,008	375,0	10,21	7,15	3,41
Остров	0,6	3,45	103,4	4,3	0,033	130	3,84	2,3	0,67
Паперня	1,8	2,04	77,3	1,13	0,026	43,46	1,26	2,27	1,11
Плещеницкое	2,01	5,1	50,7	2,5	0,101	24,75	0,81	1,63	0,32
Рачунское	1,5	1,9	221,21	1,42	0,009	157,78	14,32	6,48	3,41
Репихово	1,1	2,1	10,1	1,94	0,208	9,33	0,34	0,37	0,18
Саковщинское	1,1	1,5	239,6	1,4	0,006	233,33	6,29	6,92	4,61
Хатьковцы	0,07	1,34	51,18	1,7	0,026	65,38	1,9	0,133	0,1
Чемелинское	1,3	1,8	375	1,44	0,005	288	7,71	10,02	5,57
Яновское	1,1	2,3	92,0	2,1	0,025	84	2,43	2,67	1,16
Гродненская ГЭС	19,38	48,67	6213	2,51	0,008	313,75	8,54	165,53	3,4

Критическая нагрузка фосфором водохранилищ бассейна Немана, имеющих различные морфометрические и гидрологические характеристики, рассчитанная нами по формуле 2, приведена в таблице 2.

Проведенные расчеты дают основания ранжировать по критической нагрузке фосфором водохранилища, приведенные в таблице 2, следующим образом:

1. Водохранилища правых притоков Немана: Саковщинское (4,61 г/м³ в год) → Рачунское (3,41 г/м³ в год) → Ольховское (3,41 г/м³ в год) → Яновское (1,16 г/м³ в год) → Кутовщинское (0,49 г/м³ в год) → Плещеницкое (0,32 г/м³ в год) → Лаздунское (0,2 г/м³ в год) → Вилейское (0,13 г/м³ в год).
2. Водохранилища левых притоков: Гезгальское (8,86 г/м³ в год) → Чемелинское (5,57 г/м³ в год) → Домановское (5,35 г/м³ в год) → Волпянское (2,78 г/м³ в год) → Паперня (1,11 г/м³ в год) → Остров (0,67 г/м³ в год) → Гать (0,62 г/м³ в год) → Дублянское (0,59 г/м³ в год) → Миничи (0,41 г/м³ в год) → Зельвянское (0,28 г/м³ в год) → Репихово (0,18 г/м³ в год) → Лошанское (0,08 г/м³ в год) → Хатьковцы (0,01 г/м³ в год).

Для удобства анализа полученных результатов может быть предложена следующая шкала (табл. 3) оценки устойчивости водохранилищ к эвтрофированию, через определение критической нагрузки фосфором на водоемы.

Таблица 3. Определение типа водохранилища по степени устойчивости к эвтрофированию, через показатели критической нагрузки фосфором

Типы водохранилищ по степени устойчивости	Критическая нагрузка фосфором, (Робщ.), г/м ³ в год
Устойчивые водохранилища	5,0 и более
Водоохранилища со средней устойчивостью	1 – 4,99
Малоустойчивые водохранилища	0,99 и менее

Таким образом, результаты наших исследований показали, что к устойчивым водохранилищам относятся Гезгальское, Чемелинское и Домановское. К водохранилищам со средней устойчивостью Ольховское, Саковщинское, Рачунское, Ольховское, Волпянское, Паперня, Яновское, водохранилище Гродненской ГЭС. К малоустойчивым – Вилейское, Кутовщинское, Лаздунское Миничи, Зельвянское, Лошанское, Плещеницкое Хатьковцы, Репихово, Остров.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что одним из важнейших факторов, определяющих критическую фосфорную нагрузку на водохранилище, является коэффициент их гидравлической нагрузки $\frac{L}{t_w}$.

Чем больше коэффициент гидравлической нагрузки у водохранилища, тем более устойчиво оно к антропогенному эвтрофированию. Так, у наиболее устойчивых водохранилищ этот коэффициент более 200 (Гезгальское, Чемелинское, Домановское, водохранилище Гродненской ГЭС). Причем время полного водообмена в указанных водохранилищах колеблется от 0,004 до 0,008 года, т.е. сток этих водохранилищ практически не зарегулирован, например, в Гезгальском водохранилище 1,5 суток, а в водохранилище Гродненской ГЭС полный водообмен происходит за 2,9 суток.

В наименее устойчивых к эвтрофированию водохранилищах коэффициенты гидравлической нагрузки не превышают 20, а время полного водообмена более года. Многие из указанных водохранилищ уже можно отнести к высокоэвтрофным. В некоторых из них уже отмечается кислородное перенасыщение в летнее время по всей водной толщине и острый дефицит в зимних условиях, высокое содержание биогенных элементов, особенно общего фосфора и нитратов [4].

Заключение. Подводя итоги проведенному исследованию, можно сделать следующие выводы:

1. Речная сеть Немана зарегулирована 22 водохранилищами, которые представляют собой геосистемы, сформировавшиеся в

- различных природных условиях. Расчлененность рельефа, лесистость и распаханность водосборов рек, питающих водохранилища, а также величина антропогенной нагрузки на этих водосборах определяют объемы поступление фосфора с поверхностным жидким и твердым стоком, которые и являются одной из причин эвтрофирования исследуемых водохранилищ.
- Причиной степени эвтрофирования водной среды исследуемых водоемов, наряду с природными факторами, характеризующими их водосбор, является устойчивость самого водоема к величине поступления и содержания в водной среде лимитирующего элемента фосфора.
 - Проведенные расчеты показывают, что наиболее устойчивыми к эвтрофированию по критической нагрузке фосфором являются следующие водохранилища: Волпянское, Гезгалское, Домановское, Ольховское, Рачунское и водохранилище Гродненской ГЭС. Менее устойчивыми к эвтрофированию являются водохранилища Чемелинское, Остров, Репихово, Хатьковцы, Вилейское.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Доценко, Ю.С. Эвтрофирование водохранилищ. Гидролого-гидрохимические аспекты / Ю.С. Доценко. – М.: ГЕОС, 2007.
- Калинин, М.Ю. Водохранилища Беларуси: справочник / М.Ю. Калинин, В.Н. Счисленок, П.П. Рутковский, Р.А. Юревич, В.И. Сиротенко, О.Е. Фролова; под общ. ред. д.т.н. М.Ю. Калинина. – Мн.: ОАО «Полиграфкомбинат им. Я. Коласа», 2005.
- Кирвель, И.И. Пруды Беларуси как антропогенные объекты, их особенности и режим: монография / И.И. Кирвель. – Мн.: БГПУ, 2005. – 234 с.
- Лопух, П.С. Закономерности развития природы водоемов замедленного водообмена / П.С. Лопух. – Мн.: БГУ, 2000.
- Романовский, Ч.А. Оценка антропогенного эвтрофирования водохранилищ Беларуси / Ч.А. Романовский, Л.В. Авсиевич, В.Г. Талалуев, А.В. Мартыненко // Гидравлико-экологические аспекты обоснования водохозяйственных мероприятий. – М., 1989. – С. 93–102.

- Россолимо, Л.Л. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора / Л.Л. Россолимо. – М.: Наука, 1977.
- Сиренко, Л.А. «Цветение» воды и эвтрофирование / Л.А. Сиренко, М.Я. Гавриленко. – Киев, 1978.
- Хомич, С.А. Карьерные водоёмы как объекты геоэкологического проектирования // Вопр. прикладной лимнологии / С.А. Хомич. – 2000. – Вып. 2.
- Цветкова, Л.И. Актуальные проблемы охраны водных ресурсов // Антропогенное эвтрофирование водоемов / Л.И. Цветкова, Г.И. Копица. – Л., 1984. – 30 с.
- Эволюция круговорота фосфора и эвтрофирование природных вод / Под. ред. К.Я. Кондратьева. – Л.: Наука, 1988. – 204 с.
- Эрхард, Ж.П. Планктон / Ж.П. Эрхард, Ж. Сежен. – Л.: Гидрометиздат, 1984. – 255 с.
- Якушко, О.Ф. Влияние сельскохозяйственного производства на режим озер // Охрана сельскохозяйственных угодий и окружающей среды / О.Ф. Якушко, Ю.Н. Емельянов, В.П. Романов. – Мн.: Ураджай, 1984 – С. 220–236.
- Ячейко, Ю.С. Актуальные методы оценки антропогенного эвтрофирования водоемов / Ю.С. Ячейко. – Киев: Севда-пресс, 2007. – 187 с.
- Rawson, D.S. The standing crop of net plankton in lakes. J. of the Fish. – Res. Bd. of Can., 1953.
- Rawson, D.S. Algal indicators of Trophic Lake Types. Univ. of Saskatchewan, 1956 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://aslo.org/lo/toc/vol_1/issue_1/0018.pdf.
- Vollenweider, R.A. Scientific fundamentals of eutrophication of lakes and flowing water with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication // Tech. Rep. Organiz. Econom. Cooper. Devel. 1968. – Vol., 27–159 p.
- Vollenweider, R.A. The application of the phosphorus loading concept to eutrophication research // Nat. Res. Council. Canada NRO Assoc. Comm / R.A. Vollenweider, P.I. Dillon – № 13690. – 42 p.

Материал поступил в редакцию 07.07.14

ZANKEVICH D.L., RAMANOVSKI Ch.A. Assessment of stability of reservoirs in the river basin Neman to anthropogenous evtrofirovaniy

Results of an assessment of stability to an anthropogenous evtrofirovaniye of reservoirs of a river basin are given in work Neman by definition of full water exchange and critical load of phosphorus of a reservoir. Ranging of reservoirs of a river basin Neman on level of critical loading of phosphorus on a reservoir is carried out, dependence of degree of critical loading on coefficient of hydraulic loading is established. The role of the anthropogenous factors influencing level of stability of studied reservoirs to an anthropogenous evtrofirovaniye is revealed.

УДК 556.5.06 (476)

Волчек А.А., Зубрицкая Т.Е.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Введение. В настоящее время среди первоочередных задач рационального природопользования в Беларуси стоит проблема сохранения природных ресурсов и в первую очередь водных. Необходимым и важным условием рационального использования водных ресурсов является наличие своевременной, достоверной и полной информационной базы о водных ресурсах, с помощью которой можно оценить фактическое водопотребление и водопользование, дать прогнозные оценки водных ресурсов в будущем. Кроме того, остро стоит проблема загрязнения природных вод вследствие сброса сточных вод и других видов антропогенного воздействия. Ухудшение и сокращение водных ресурсов может не только нанести вред окружающей среде, снизить эффективность производства, сказаться на здоровье населения, но и стать причиной конфликтных ситуаций между государствами, расположенными в одном речном бассейне.

Целью настоящей работы является оценка динамики водопотребления в Республике Беларусь в целом так и в частности по областям и крупным городам, а также выявление различий в эффек-

тивности использования водных ресурсов.

Исходные данные и методика исследования. В работе использованы материалы водохозяйственной и экономической статистики Республики Беларусь за период с 1990–2012 гг., т.е. за период существования Беларуси как самостоятельного государства.

Для выявления тенденций и изменений в использовании природных вод в качестве основного показателя водопотребления рассматривается общее водопотребление (использование воды на все нужды народного хозяйства) с подразделением на отдельные отрасли, а также учетные данные по сбросу сточных вод.

Исследования водопользования осуществлялись с применением метода системного анализа, моделирования, теории принятия решений, баз данных, а также общих и частных методик. Такое исследование позволило сделать выводы о реальных тенденциях изменения водопотребления в Республике Беларусь.

Результаты исследования и их обсуждение. На рисунке 1

Зубрицкая Татьяна Евгеньевна, ст. преподаватель кафедры природообустройства Брестского государственного технического университета.

Республика Беларусь, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология