

пробопідготовки) сприяє вилученню певної частини металів, що адсорбовані на поверхні завислих частинок або ж знаходяться в органічній складовій останніх. На другій стадії пробопідготовки (гідротермальна обробка залишку завислих речовин) переходить в розчинений стан та частина металів, яка знаходиться у кристалічній ґратці мінеральних завислих частинок. Виявлено особливості розподілу досліджуваних металів між зазначеними фракціями завислих речовин. Якщо більша частина Cd, Pb, Zn і Ni вилучається у процесі «мокрого» спалювання, то це не характерно для Cu і Cr, що переходять в розчин лише після гідротермальної обробки залишку завислі. Встановлено також, що концентрація важких металів у складі завислих речовин була значно більшою від їхнього вмісту у донних відкладах досліджуваних річок. Це зумовлено тим, що аналізувались переважно тонкодисперсні завислі речовини, яким притаманна висока адсорбційна здатність щодо важких металів, а донні відклади були представлені грубодисперсними частинками з низьким вмістом металів.

Ключові слова: важкі метали, завислі речовини, фракції металів, «мокре» спалювання, гідротермальна обробка, річки басейну Тиси.

Concentration and features of heavy metal distribution among various fractions of suspended solids in the rivers of the Tisza River basin depending on the method of their extraction

Linnik P.N., Skoblej M.P., Zhezherya V.A.

The results of studies of the distribution of heavy metals (Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, Cr) among various fractions of suspended solids in the Tisa, Uzh and Latoritsya rivers depending on the method of their extraction from the its are generalized. It is shown that the stage of "wet" combustion of suspended solids (the first stage of sample preparation) promotes extraction of the certain part of metals which are adsorbed on the surface of suspended particles or being in its organic component. At the second stage of sample preparation (hydrothermal processing of the residue of suspended solids), the part of metals that is in the crystal lattice of mineral suspended particles passes into a dissolved state. The features of the distribution of the investigated metals among these fractions of suspended solids are revealed. If the majority of Cd, Pb, Zn and Ni is taken due to wet combustion, this is not characteristic of Cu and Cr, passing into the solution only after hydrothermal treatment of the suspension rest. It was also established that the concentration of heavy metals in suspended solids was significantly greater than their content in the bottom sediments of the investigated rivers. This is due to the fact that mostly finely dispersed suspended solids were analyzed with their inherent high adsorption capacity concerning heavy metals, and bottom sediments were represented by coarsely dispersed particles with a low metal content.

Keywords: heavy metals, suspended solids, metal fractions, "wet" combustion, hydrothermal processing, rivers of the Tisza River basin.

Надійшла до редколегії 12.09.2018

УДК [556.114:556.55](285.2)(477.82)

Морозова А.А.

Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ФОРМ АЗОТА И ФОСФОРА В ВОДОЕМАХ ШАЦКОГО НПП

Ключевые слова: Шацкий НПП, неорганические формы азота (аммонийный, нитратный и нитритный), фосфат-ионы, сезонная динамика.

Введение. На территории Украины расположено много озерных систем. Но, без сомнения, именно Шацкие озера, как одна из наибольших озерных систем Европы и водная составляющая Шацкого Национального Природного Парка, вызывают особенный интерес. Шацкий Национальный Природный Парк (НПП) был основан в 1983 г. с целью сохранения уникального озерного комплекса, а также редких видов растительного и животного мира, ареалом проживания которых является данный регион. Основная часть парка расположена на водоразделе рек Западный Буг и Припять. Главный Европейский водораздел, проходящий здесь, отделяет озера от р. Припять, в связи с чем, они относятся уже не к бассейну р.

Днепр, а к водосбору р. Западный Буг. Характерной особенностью данного региона является распространение меловых отложений, располагающихся на незначительных глубинах и обуславливающих развитие карстовых процессов [2,3,11].

В современных пределах парка находится 22 озера, общей площадью 66 км², в том числе и самое глубоководное на Украине озеро естественного происхождения – Свитязь. Наличие озер – одна из основных особенностей, которые определяют своеобразие Шацкого НПП. Водоемы различны не только по своему происхождению. Часть из них (Свитязь, Песочное) являются озерами карстового происхождения, другие (Черное Большое, Крымно, Люцимер и др.) – занимают унаследованные котловины в меловой поверхности, но и морфометрическими, гидрологическими, гидробиологическими показателями, а также степенью антропогенного воздействия.

Особенностью гидрологического режима Шацких озер является достаточно стабильное (с незначительным колебанием) положение уровня воды. Питание водоемов происходит главным образом за счет атмосферных осадков и грунтовых вод. Шацкие озера в своем большинстве являются водоемами замедленного водообмена, слабопроточными и наименее проточными среди всех исследованных водоемов Украины. Наибольшим периодом внешнего водообмена характеризуются озера Свитязь и Песочное, период которого составляет приблизительно 9 лет [10,11].

До 90-х годов XX века озерные системы Шацкого НПП находились в зоне незначительного антропогенного действия, что определяло достаточно благоприятное экологическое состояние всей системы. Однако последующий период выделялся значительным усилением антропогенного влияния. Проведение широкомасштабных мелиоративных работ привело к изменению гидрологического режима озер, а именно: снижению уровня воды в них, с одной стороны, а с другой, к нарушению режима грунтовых вод [11]. В то же время понижение уровня воды в водоемах повлияло на интенсификацию процесса как естественного, так и антропогенного евтрофирования.

Цель работы. В связи с происходящими изменениями экологического состояния водоемов Шацкого НПП, изучение особенностей их гидрохимического режима, и в первую очередь, режима и динамики биогенных веществ является одним из основных направлений исследования озер с целью сохранения всей озерной системы парка.

Материалы и методы исследований. Работа является продолжением многолетних исследований, результаты которых были опубликованы ранее [4,5,6,7,9]. В данной статье работе представлены собственные натурные данные, полученные в 2016 г.

С целью выяснения особенностей формирования режима, динамики и соотношения разных форм биогенных веществ, в первую очередь, минерального азота и фосфора, исследования проводились на водоемах, которые принадлежат к разным, как по морфометрическим, так и гидробиологическим показателям группам. А именно: озера Свитязь, Песочное и Перемут относятся к группе больших, глубоких, стратифицированных, слабо минерализованных озер с невысокой степенью трофности. Озера Люцимер и Крымно - мезотрофные, оз. Черное Большое - малый (глубиной менее 2 м) евтрофный водоем. Озеро Соминец принадлежит к группе небольших мелких водоемов, расположенных в зоне существенного антропогенного воздействия и находящегося на последней стадии мезотрофии [8].

Пробы для определения неорганических форм азота и фосфат-ионов отбирались ежемесячно с поверхностного и придонного горизонтов батометром Молчанова. Определение биогенных веществ проводилось по общепринятым в гидрохимической практике методикам О.А. Алекина [1].

Результаты исследований и их обсуждение. Формирование химического состава воды Шацких озер обусловлено многими факторами, основными из которых являются гидрометеорологические, морфометрические и гидробиологические. В значительной степени химический состав Шацких озер определяется минералогическим составом подстилающих пород.

Основной особенностью озер, как водоемов замедленного водообмена, является способность накопления в их водной толще значительного количества органического вещества, что, в свою очередь, обуславливает повышение уровня их трофности. В свою очередь, повышение уровня трофии определяет изменения некоторых химических и физических показателей водной среды, определяя изменение ее качества. Усиление процесса антропогенного евтрофирования Шацких озер выразилось в значительном изменении концентраций биогенных компонентов, и в первую очередь, соединений азота и фосфора, от которых зависит уровень развития и жизнедеятельности гидробионтов.

Наблюдения показали, что озера, которые принадлежат к разным группам, имеют свои особенности сезонной динамики содержания форм неорганического азота (аммонийного, нитратного и нитритного). Сезонная динамика концентраций аммонийной (в большей степени) и нитритной (в меньшей) форм неорганического азота в водоемах, которые принадлежат к первой группе имела тенденцию постепенного увеличения от зимнего периода к осеннему. В то же время, на фоне повышения концентраций аммонийного и нитритного азота, наблюдалось снижение содержания нитратных ионов (рис.1).

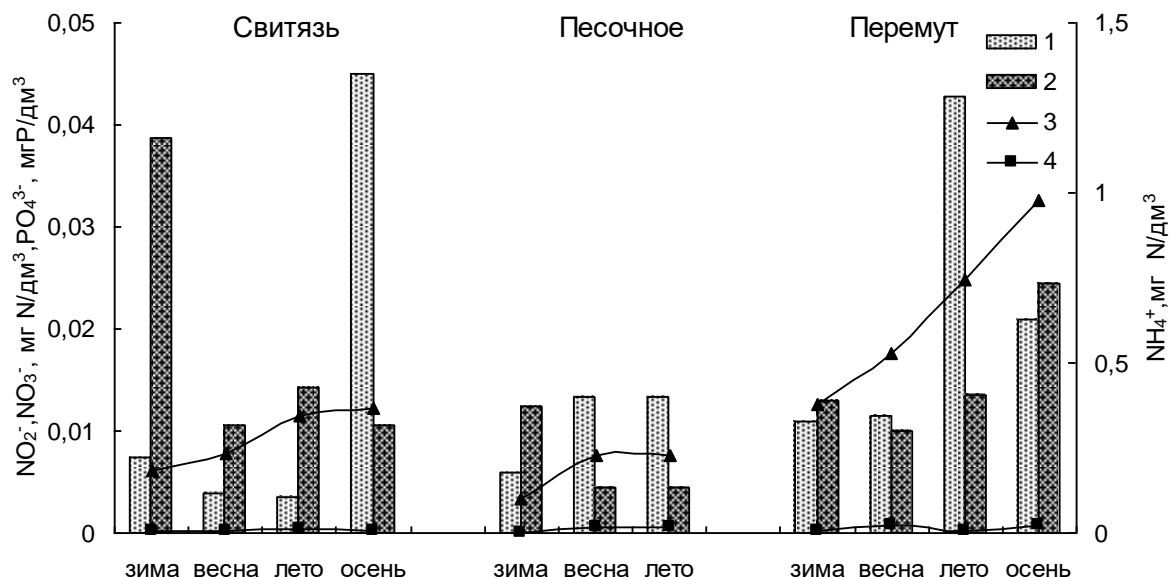


Рис.1. Сезонная динамика форм минерального азота и фосфора в воде оз. Свитязь, оз. Песочное и оз. Перемут в 2016 г.: 1 – нитратный азот, NO₃⁻, мг N/дм³; 2 – нитритный, NO₂⁻, мг N/дм³; 3 – аммонийный азот, NH₄⁺, мг N/дм³; 4 – фосфат-ионы, PO₄³⁻, мг P/дм³.

Исходя из того, что нитритные ионы являются промежуточным неустойчивым продуктом в процессе нитрификации, появление их повышенных концентраций

может свидетельствовать об усилении процесса разложения органических остатков и задержку окисления NO_2^- к NO_3^- , что в свою очередь определяет степень загрязнения водоемов. Именно поэтому максимальные концентрации аммонийного и нитратного азота наблюдались в оз. Перемут, расположенного в зоне существенного антропогенного влияния. С другой стороны, оз. Свитязь также находится в зоне антропогенного загрязнения, но его морфометрические характеристики, в первую очередь, площадь и объем, значительно улучшают его самоочистительную способность.

Нитратные ионы являются одним из конечных продуктов процесса минерализации органического вещества, который протекает лишь в аэробных условиях. Поэтому, на фоне увеличения концентраций других форм азота, незначительные изменения концентрации нитратов в ту или другую сторону может свидетельствовать, с одной стороны, об ухудшении газового режима водоемов, а с другой, вероятно, о наличии процесса денитрификации, который обуславливает ухудшение условий жизнедеятельности гидробионтов. Как показали исследования, состояние газового режима Шацких озер нельзя в полной мере отнести к благополучному. В 1988 г. в таких озерах, как Свитязь и Песочное наблюдались участки, приуроченные к максимальным глубинам, дефицит растворенного в воде кислорода на которых составил 2-4 мг/дм³. Наиболее благоприятным кислородным режимом отличались озера Черное Большое, Люцимер и Перемут (до 10,0 мг/дм³) [10]. Однако современный период характеризовался ухудшением газового режима. Так, содержание растворенного в воде кислорода в таких водоемах, как оз. Песочное и Перемут уменьшилось почти в два раза, соответственно с 7,6 до 3,36 и с 9,91 до 5,49 мг/дм³. Вероятно, подобная тенденция наблюдалась и в других озерах парка.

Противоположная картина сезонной динамики неорганического азота наблюдается в водоемах второй группы, которые имеют больший уровень трофности и находятся в зоне повышенного антропогенного влияния. Так в озерах Люцимер и Крымно, сезонная динамика содержания нитратного азота совпадала с динамикой его нитритной формы и характеризовалась повышением от зимы к лету и постепенным снижением (более существенным для нитратной формы и менее значимым для нитритной) к осени. Что происходит на фоне незначительного повышения содержания аммонийного азота (рис.2). Вероятно, что значительное повышенные концентрации форм минерального азота, которые наблюдались в воде оз. Крымно, обусловлены особенностями гидробиологического режима и степенью антропогенной нагрузки.

Из-за того, что оз. Люцимер связано с оз. Перемут, сезонные изменения содержания форм неорганического азота в воде водоемов практически совпадали (рис. 1, 2). Повышение антропогенной нагрузки обуславливает ухудшение самоочистительной способности водоемов и ухудшение их экологического состояния. Именно об интенсификации процесса антропогенного евтрофирования свидетельствует и изменение концентрации в воде как нитратной, так и аммонийной форм минерального азота. Еще в 80-х годах наблюдалось существенное увеличение содержания этих форм азота в почвенных водах [11]. Еще более значимое ухудшение экологического состояния водных масс наблюдалось в оз. Соминец, что обусловлено, в первую очередь, его морфометрическими характеристиками и степенью антропогенной нагрузки. В результате именно данный водоем характеризуется максимальным содержанием нитритных ионов (рис. 3).

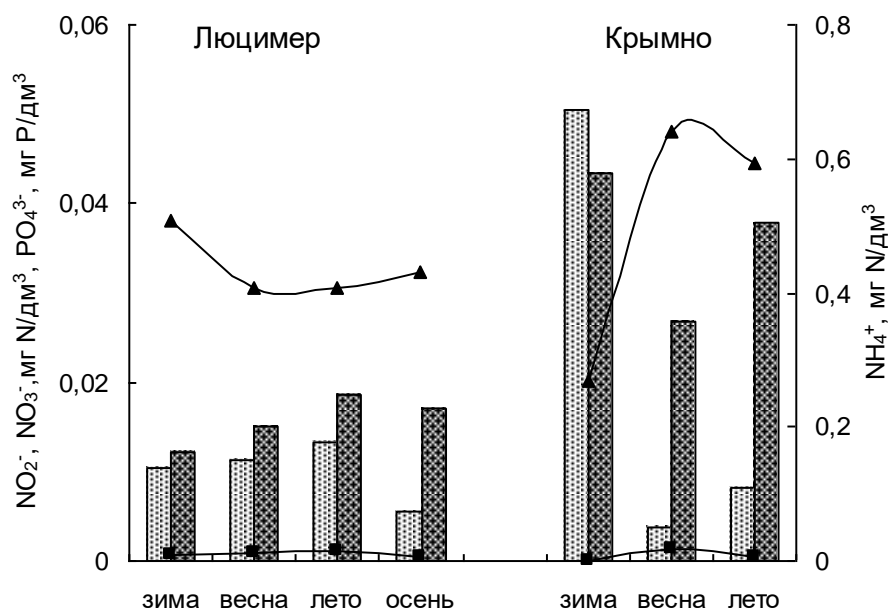


Рис.2. Сезонная динамика форм минерального азота и фосфора в воде оз. Люцимер, оз. Крымно в 2016 г.: 1, 2, 3, 4 – см. Рис.1.

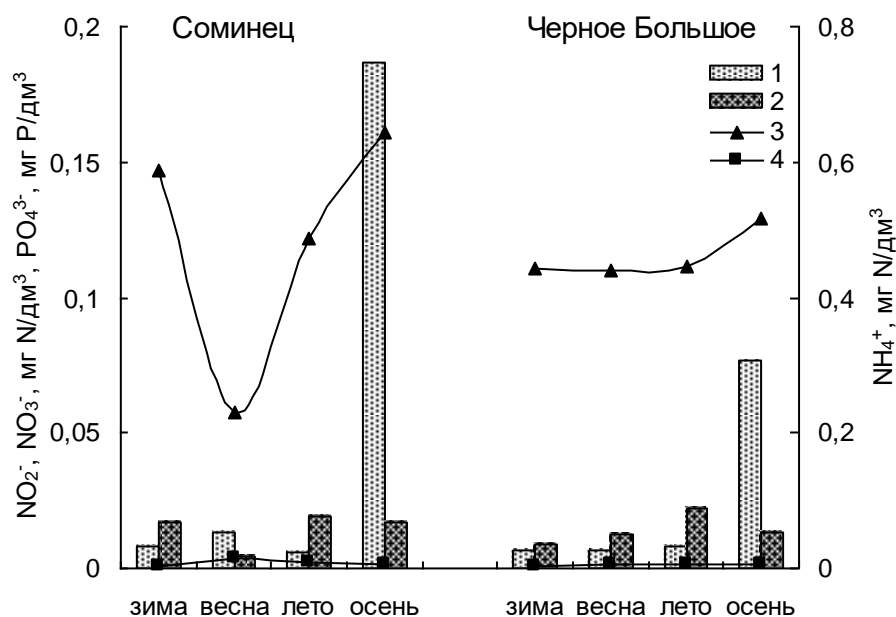


Рис.3. Сезонная динамика форм минерального азота и фосфора в воде оз. Соминец и оз. Черное Большое в 2016 г.: 1, 2, 3, 4 – см. Рис.1.

Характерной особенностью почти всех водоемов Шацкого НПП является незначительное содержание фосфатных ионов, концентрация которых колебалась в пределах от следовых до $0,027 \text{ mg P/dm}^3$ с максимальными значениями в весенне-летний период исследований.

Таким образом, анализ современных данных о содержании и динамике биогенных веществ в воде Шацких озер, в первую очередь форм неорганического азота, позволяет обнаружить целый ряд негативных последствий антропогенного воздействия. Повышение рекреационной нагрузки, с одной стороны, и отсутствие

современных очистительных сооружений, с другой, привело к увеличению количества неочищенных бытовых коммунальных стоков, происходящего на фоне понижения уровня воды в озерах. Последнее было отмечено еще в 90-х годах XX в, и уже тогда наблюдалось значительное усыхание озер в летний период и практически полное отсутствие весеннего разлива.

Возникла опасность изменения трофического статуса водоемов. Предыдущими исследованиями было установлено, что основными источниками антропогенного евтрофирования Шацких озер является население, проживающее в данном регионе постоянно или в летний период, а также сельскохозяйственные угодья. Усиление процесса евтрофикации, имевшее место на более раннем этапе наблюдений, ухудшило самоочистительную способность водоемов. Все эти негативные факторы неминуемым образом скажутся на экосистеме Шацких озер, определяя ухудшение качества их главного богатства – водных масс природных водоемов.

Список литературы

1. *Алекин О.А.* Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 270 с. 2. *Вовк П.К., Терлецький В.К., Яценко П.Т.* Незаймана краса Волині. Львів: Камелярі, 1989. 69 с. 3. *Ільїн Л.В., Мольчак Я.О.* Озера Волині. Лімно-географічна характеристика. Луцьк: Надстир'я, 2000, 139 с. 4. *Ільїн Л.В., Ситник Ю.М., Морозова А.О., Шевченко П.Г., Хомік Н.В.* Гідрохімічні дослідження озерних екосистем Шацького національного природного парку: озеро Пулемецьке (1977–2009 рр.) // Природа Західного Полісся та прилеглих територій. Збірник наукових праць, 2012. № 9. С. 35–42. 5. *Ільїн Леонід, Ситник Юрій, Морозова Алла, Шевченко Петро, Хомік Наталія.* Гідрохімічні дослідження озерних екосистем Шацького національного природного парку: озеро Луки-Перемут // Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки, 2013. № 16 (265). Серія: Географічні науки. С. 23–31. 6. *Морозова А.А.* Основные тенденции изменения качества водных масс озерных систем Шацкого национального природного парка // Гидробиол.журн., 2006. 42, № 4. С.111-118. 7. *Морозова А.О.* Гідрохімічний стан та оцінка якості води водойм Шацького національного природного парку // Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки, 2009. 1. С. 47-51. 8. *Оксиук О.П., Якушин В.М., Тимченко В.М.* Трофо-сапробиологическая характеристика Шацких озер// Гидробиол.журн., 1997. 33, №1. С. 24-34. 9. *Ситник Ю. М., Шевченко П. Г., Морозова А. О. та інші.* Гідрохімічні дослідження озера Мошне: матеріали наукової конференції “Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку та інших природоохоронних територій” (8–11 вересня 2016 р.). Львів: СПОЛОМ, 2016. С. 81-84. 10. *Тимченко В.М., Ярошевич А.Е., Дьячук И.Е. и др.* Некоторые аспекты экологии озер Шацкого национального природного парка. Киев, 1989. Деп. в ВИНТИ, № 5962. В 89. 43 с. 11. Шацький Національний Природний Парк. Наукові дослідження 1983-1993 рр. Світязь, 1994 р.

References

1. *Alekin O.A.* Rukovodstvo po khimicheskomu analizu vod sushi. L.: Gidrometeoizdat, 1973. 270 s. 2. *Vovk P.K., Terlets'kiy V.K., Yashchenko P.T.* Nezaymana краса Voliní. L'vív: Kamenyarí, 1989. 69 s. 3. *Íl'ín L.V., Mol'chak YA.O.* Ozera Voliní. Límno-geografíchna kharakteristika. Lutsk: Nadstir'ya, 2000, 139 s. 4. *Íl'ín L.V., Sitnik YU.M., Morozova A.O., Shevchenko P.G., Khomík N.V.* Gídrokhímíchní doslídzhennya ozernikh yekosistem Shats'kogo natsional'nogo prirodного parku: ozero Pulemets'ke (1977-2009 rr.) // Priroda Zakhemного Políssya ta prileglikh teritoriy. Sbornik nauchnykh trudov, 2012. № 9. S. 35-42. 5. *Íl'ín Leoníd, Sitnik Yuríy, Morozova Alla, Shevchenko Petro, Khomík Natalíya.* Gídrokhímíchní doslídzhennya ozernikh yekosistem Shats'kogo natsional'nogo prirodного parku: ozero Luki-Peremut // Naukoviy vísnik Skhídnoêvropeys'kogo natsional'nogo uníversitetu ímení Lesí Ukraínki, 2013. № 16 (265). Seríya: Geografíchní nauki. S. 23-31. 6. *Morozova A.A.* Osnovnyye tendentsii izmeneniy kachestva vodnykh resursov ozernykh sistem Shatskogo natsional'nogovlecheniya parka //

Gidrobiol.zhurn., 2006. 42, № 4. S.111-118. **7. Morozova A.O.** Gídrokhímíchniy stan ta otsínka yakostí vodi vodym Shats'kogo natsíonal'nogo prirodnoho parku // Naukoviy vísnik Volins'kogo natsíonal'nogo uníversitetu ímení Lesí Ukraínki, 2009. 1. S. 47-51. **8. Oksiyuk O.P., Yakushin V.M., Timchenko V.M.** Trofo-saprobiologicheskaya kharakteristika Shatskikh ozer // Gidrobiol.zhurn., 1997. 33, №1. S. 24-34. **9. Sitnik YU. M., Shevchenko P. G., Morozova A. O. ta ínsh.** Gídrokhímíchní doslídzhennya ozera Moshna: materíali naukoí konferentsíi "Stantsiya vídíníníttya yekosistem Shats'kogo natsíonal'nogo prirodnoho parku ta ínshikh prirodookhoronnikh teritoríy" (8-11 veresnya 2016 r.). L'viv: SPOLOM, 2016. S. 81-84. **10. Timchenko V.M., Yaroshevich A.Ye., D'yachuk I.Ye i dr.** Nekotoryye aspekty ekologii ozer Shatskogo natsíonal'nogo obrazovaniya parka. Kiyev, 1989.– Dep. v VINITI, № 5962. V 89. 43 s. **11. Shats'kiy Natsíonal'niy Prirodniy Park.** Naukoví doslídzhennya 1983-1993 rr. Svít'yaz', 1994 r.

Сезонная изменчивость неорганических форм азота и фосфора в водоемах Шацкого НПП

Морозова А.А.

В работе, которая является продолжением ранее проводимых наблюдений, представлены результаты исследований, проведенных на водоемах Шацкого национального природного парка на протяжении 2016 г. Анализ полученных данных показал, что усиление процесса евтрофикации, имевшее место в предыдущий период наблюдений, ухудшило самоочистительную способность водоемов, определяя ухудшение качества их главного богатства – водных масс природных водоемов.

Ключевые слова: Шацкий НПП; неорганические формы азота (аммонийный, нитратный и нитритный); фосфат-ионы; сезонная динамика.

Сезонна мінливість неорганічних форм азоту та фосфору у водоймах Шацького НПП

Морозова А.О.

В роботі, яка є продовженням раніше проведених спостережень, наведено результати досліджень на водоймах Шацького національного природного парку протягом 2016 р. Аналіз отриманих даних показав, що посилення процесу евтрофікації, що мало місце в попередній період спостережень, погіршило самоочісну здатність водойм, визначаючи погіршення якості їх головного багатства - водних мас природних водойм.

Ключові слова: Шацький НПП; неорганічні форми азоту (амонійний, нітратний та нітритний); фосфат-іони; сезонна динаміка.

Seasonal variability of inorganic forms of nitrogen and phosphorus in the reservoirs of the Shatsk NPP

Morozova A.A.

The work, which is a continuation of the earlier observations, presents the results of studies conducted on the water bodies of the Shatsk National Nature Park during 2016. An analysis of the data obtained showed that the intensification of the eutrophication process that took place in the previous observation period worsened the self-cleaning capacity of reservoirs, quality of their main bagatia - the water masses of natural reservoirs.

Key words: Shatsky NPP; inorganic forms of nitrogen (ammonium, nitrate and nitrite); phosphate ions; seasonal dynamics.

Надійшла до редколегії 21.09.2018