

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СОСТАВ ВЗВЕСИ В ОЗЕРАХ КЕНОЗЕРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Филина К.В.¹, Шевченко В.П.², Кокрятская Н.М.¹, Чупаков А.В.¹

¹ФГБУН Институт экологических проблем Севера УрО РАН, Архангельск, Россия (16300, Архангельск, набережная Северной Двины, 23), e-mail: filinakov@gmail.com

²ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширинова РАН, Москва, Россия (117997, Москва, Нахимовский проспект, 36), e-mail: vshevch@ocean.ru

В статье приведены результаты исследования распределения и состава взвешенного вещества (взвеси) в озерах Масельское (водосбор Балтийского моря) и Вильно (водосбор Белого моря), расположенных в Кенозерском национальном парке (Архангельская область). В июле 2011 и 2012 гг. концентрации взвеси в поверхностном слое изученных озер были сравнительно низкими, но в несколько раз выше, чем минимальные концентрации в мезотрофных озерах бореальной зоны. В составе взвеси в поверхностных слоях преобладали биогенные частицы (клетки и колонии диатомовых водорослей, цианобактерий и золотистых водорослей, характерных для пресноводных водоёмов), доля минеральных частиц была незначительной. Повышенные концентрации взвеси в придонных горизонтах обусловлены гидродинамикой водоёмов. В придонных слоях преобладали минеральные частицы пелитового и алевроитового размеров, поступающие в воду в основном в результате взмучивания поверхностного слоя донных осадков.

Ключевые слова: озера, Кенозерский национальный парк, Архангельская область, взвесь, диатомовые водоросли, цианобактерии, растворенный кислород

DISTRIBUTION AND COMPOSITION OF SUSPENDED PARTICULATE MATTER IN LAKES OF KENOZERSKY NATIONAL PARK (ARKHANGELSK REGION)

Filina K.V.¹, Shevchenko V.P.², Kokryatskaya N.M.¹, Chupakov A.V.¹

¹Institute of Ecological Problems of North UB RAS, Arkhangelsk, Russia (163000, Arkhangelsk, Severnoy Dviny embankment, 23), e-mail: filinakov@gmail.com

²P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia (117997, Moscow, Nakhimovsky prospect, 36), e-mail: vshevch@ocean.ru

Results of studies of suspended particulate matter (SPM) distribution and composition in the Lake Maselga (the Baltic Sea catchment area) and Lake Vilno (the White Sea catchment area), situated in the Kenozersky National Park (Arkhangelsk Region), are presented in the article. In July 2011 and July 2012 the SPM concentrations in surface layers of studied lakes were relatively low, but few times higher than minimal values of SPM concentrations in mesotrophic lakes of boreal zone. Biogenic particle (cells and colonies of diatoms, cyanobacteria, yellow-green algae, typical for freshwater environment); the share of mineral particles there was low. The increased concentrations of SPM in near-bottom layers were registered; it could be the result of the lake hydrodynamics. In near-bottom layers mineral particles of pelitic and aleuritic sizes dominated as a result of bottom sediments resuspension.

Key words: lakes, Kenozersky National Park, Arkhangelsk Region, suspended particulate matter, diatoms, cyanobacteria, dissolved oxygen

Введение

Комплексные исследования водных экосистем являются неотъемлемой частью рационального природопользования. В этих исследованиях важное место занимает изучение донных отложений, которые представляют собой хранилище наиболее полной информации о процессах, происходящих в водоёме, как в прошлом, так и в настоящем. В ходе различных внутриводоёмных процессов они накапливают вещества совершенно разной природы, в том числе и токсичные, и при определенных условиях могут поставлять их обратно в водную толщу, иногда, таким образом, превращаясь в источник вторичного загрязнения водоёма.

Уникальной особенностью озерных донных отложений является то, что скорости накопления донных осадков в них в десятки, а иногда и в сотни раз выше, чем в прилегающих морях [3].

Без знания форм поставки вещества в бассейн почти невозможен анализ закономерностей морского и озерного осадконакопления [5]. Для познания причинно-следственных связей современного осадконакопления представляет несомненный интерес взвесь, прежде всего, как материал образования донных отложений и как одна из форм существования химических элементов [3, 5]. Взвешенные частицы влияют на многие характеристики водоема, такие как прозрачность воды, температура, состав растворенных компонентов, адсорбцию токсичных веществ, а также на состав и распределение отложений и на скорость осадкообразования [3, 4]. С этой точки зрения изучению взвеси уделяется очень большое значение.

Происхождение водного взвешенного вещества может быть как аллохтонным, так и автохтонным. В верхнем слое водной толщи происходит мобилизация взвеси различной природы, и далее осадочный материал оседает на дно водоема. Основными источниками аллохтонной взвеси являются почвы водосборного бассейна, поэтому в ее составе доминируют минеральные частицы и остатки наземной растительности. Автохтонное взвешенное вещество является результатом биологических и химических процессов, происходящих в водоёме. Взвешенное органическое вещество в составе автохтонной взвеси формируется в результате продуцирования фитопланктоном и далее по трофической цепи зоопланктоном и деструкторами органического вещества, а также из остатков прибрежной растительности. Неорганическая автохтонная взвесь образуется в результате различных химических и физических внутриводоёмных процессов, как например осаждение соединений железа и марганца. Концентрация взвешенных частиц связана с сезонными факторами и гидрохимическим режимом озера, а также зависит от антропогенных факторов.

Взвешенное вещество в озерах северо-запада России изучено очень слабо [10]. Поэтому целью настоящей работы было изучить количественное распределение и вещественный состав взвешенного вещества в малых озёрах Кенозерского национального парка.

На территории Архангельской области пролегает густая сеть рек и озер. Одним из типично озерных районов является территория Кенозерского национального парка на юго-западе области. Объектами настоящего исследования являются озера южной части парка, относящиеся к разным водосборным бассейнам: Масельское (водосбор Балтийского моря) и Вильно (водосбор Белого моря). Озёра представляют собой водоёмы ледникового происхождения, и между ними проходит континентальный водораздел бассейнов Северного

Ледовитого и Атлантического океанов (озовая гряда) (рис. 1). Оба озера относятся к лентическому типу и являются маловодообменными [1, 7].

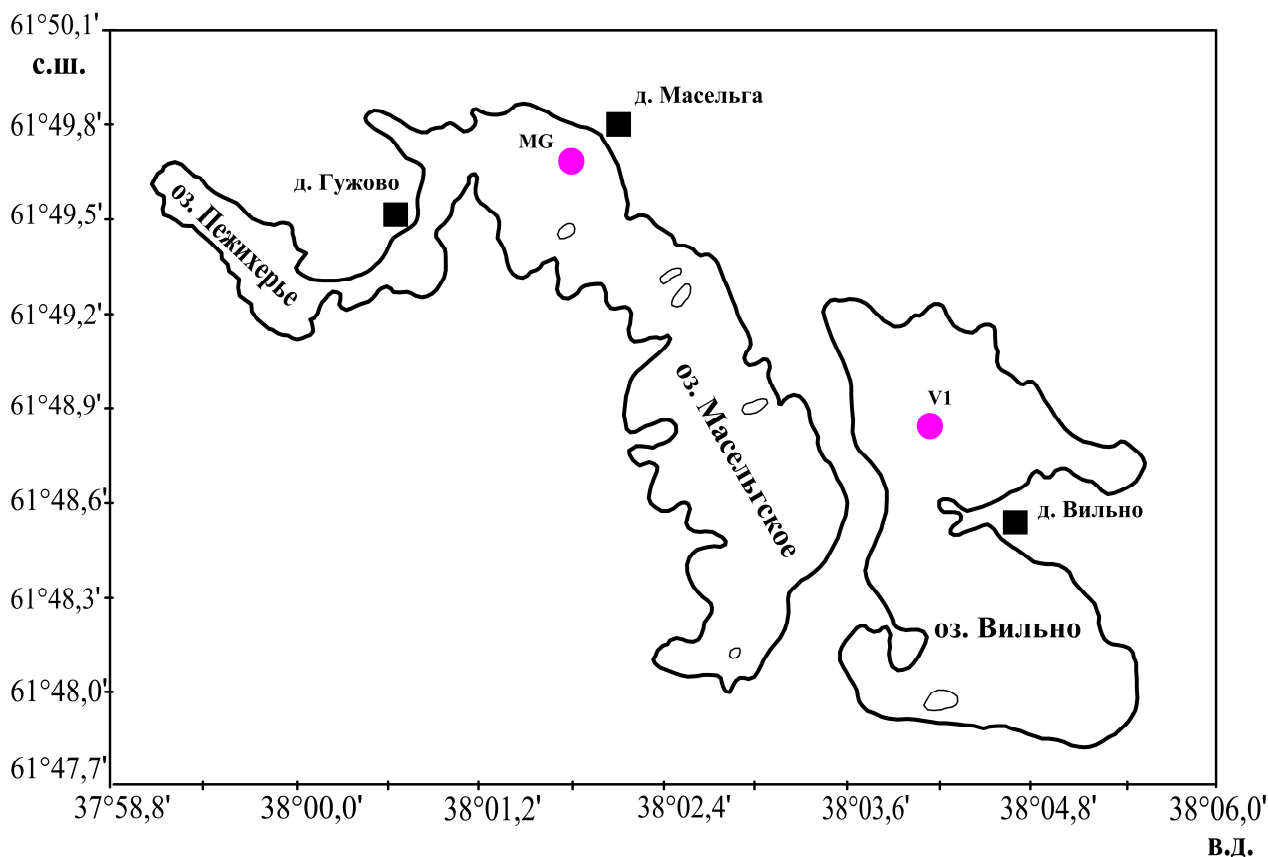


Рис. 1. Карта-схема расположения станций отбора проб в озёрах Кенозерского национального парка, июль 2011 и 2012 гг.

Морфометрические параметры озер в меженный период представлены в таблице 1. Исследуемые озера отличаются между собой размерами, сложностью рельефа котловины, степенью открытости и стратификацией вод. Так, оз. Масельгское отличается более сложным рельефом дна по сравнению с Вильно, для него характерны значительные понижения уровня дна. Дно оз. Вильно плоское, без значительных понижений, с постепенным свалом глубин.

Таблица 1 – Морфометрические параметры исследуемых озёр [1]

Характеристики	Озера	
	Масельгское	Вильно
Длина, км	6,5	3,0
Наибольшая ширина, км	1,0	1,4
Средняя глубина, м	2,9	2,3
Наибольшая глубина, м	20,0	6,0
Длина береговой линии, км	18,4	11,2
Площадь зеркала озера, км ²	3,4	2,7
Объем озера, км ³	10,1·10 ⁻³	5,8·10 ⁻³

Материалы и методы

На рисунке 1 приведена карта-схема, на которой обозначены точки отбора проб. Пробы воды отбирали в период летней межени в июле 2011 и 2012 гг. в пелагической части озёр. В оз. Масельгское, характеризующемся четко выраженной сезонной вертикальной стратификацией, пробы отбирались на глубоководной станции в его северной части – 20 м (при средней глубине 2,9 м), в мелководном оз. Вильно глубина станции отбора составляла 5 м (при средней глубине 2,3 м).

Воду для анализа отбирали с помощью горизонтального поликарбонатного батометра Aquatic Research и переливали в чистые пластиковые канистры. В лаборатории взвесь отделяли методом фильтрации [2, 4] под вакуумом через ядерные фильтры диаметром 47 мм с размером пор 0,45 мкм. После фильтрации пробы высушивали при температуре 60°C, а затем гравиметрически определяли концентрации взвеси. Микроскопическое исследование взвеси проводили в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН на сканирующем электронном микроскопе Vega 3 SEM (TESCAN) с системой микроанализаторов фирмы Oxford Instruments (Великобритания) INCA Energy (Oxford Instruments Analytical). Образцы размерами примерно 5x5 мм перед просмотром напыляли золотом. Содержание растворённого кислорода в воде в 2011 г. определяли с помощью зонда-оксиметра WTW Оху 330i, а в 2012 г. – по методу Винклера.

Результаты и их обсуждение

В результате исследований были получены количественные и качественные характеристики взвешенного вещества озёр Масельгское и Вильно.

Для мелководного нестратифицированного озера Вильно средняя для двух июльских экспедиций концентрация взвешенных веществ составила 2,85 мг/л. Это значение в несколько раз выше июльских концентраций взвеси в мезотрофных озерах бореальной зоны – в озере Кенозеро, расположенном в северной части Кенозерского национального парка [10], и озере Траут (США, штат Висконсин) [8]. В июле 2011 г. концентрация взвеси в озере не превышала 4,10 мг/л (максимальное количество в поверхностном слое на глубине 0,5 м). Глубже её концентрация снизилась практически в 2 раза (до 1,71 мг/л), и у дна вновь возросла до 2,33 мг/л (рис. 2). Средняя концентрация взвеси в июле 2011 г. составляла 2,71 мг/л. Близкое значение средней концентрации взвешенных веществ было получено и для июля 2012 г. – 2,96 мг/л. Так же, как и в 2011 г., наблюдалось снижение концентрации взвеси на глубине 2 м до 1,87 мг/л (при среднем значении для остальных горизонтов 3,33 мг/л) и повышение у дна до значений, близких к поверхностному горизонту.

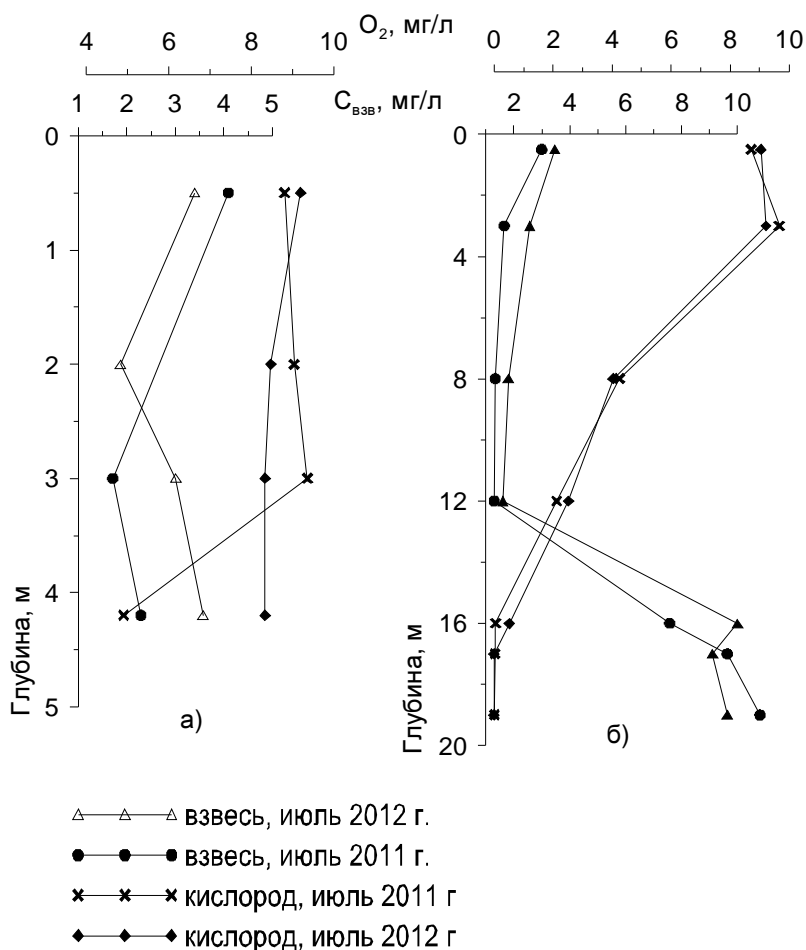


Рис. 2. Концентрации взвешенных веществ и растворённого кислорода в озёрах КНП:
а) оз. Вильно; б) оз. Масельгское

Средняя концентрация взвешенного вещества в озере Масельгском в июле 2011 и 2012 гг. составила 5,25 мг/л. Наблюдается общая тенденция к повышению концентрации взвеси к придонным слоям водной толщи. Однако, по сравнению с оз. Вильно характер распределения взвеси был более неоднороден. Максимальные концентрации взвеси для аэробной зоны зафиксированы в поверхностном горизонте. В этой зоне было отмечено снижение количественного содержания взвеси от поверхности к глубинным слоям. При смене условий на анаэробные происходит резкое увеличение концентрации взвеси с 1,29–1,61 мг/л (на отметке 12 м) до 7,57–10,00 мг/л (на отметке 16 м). Средняя концентрация взвеси в бескислородной зоне составляла 9,46 мг/л (среднее за два года). Причиной повышения концентрации взвешенных частиц в придонных слоях, по всей видимости, является ресуспензия донных осадков, обусловленная гидродинамическим режимом озера на изученном участке.

Изучение взвеси под электронным микроскопом показало, что в составе взвеси поверхностных горизонтов преобладали биогенные частицы, в основном отдельные клетки и колонии микроводорослей, среди которых доминировали диатомовые водоросли

(*Bacillariophyta*). Среди обнаруженных нами диатомей наиболее часто встречаются пеннатные водоросли семейства фрагиляриевых (*Fragilariaceae*) рода астерионеллы (*Asterionella*), семейства табелляриевых (*Tabellariaceae*), центрические диатомовые. Также в составе взвеси исследованных озёр присутствовали перидинеивые водоросли, представленные видами церациума (*Ceratium*) и перидиниума (*Peridinium*). Среди характерных для пресных озёр золотистых водорослей наиболее часто встречались виды малломонасы (*Mallomonas*) и динобриона (*Dinobryon*). Также в составе взвеси встречались споры и пыльца. Доля минеральных частиц в составе взвеси была незначительной.

Отличительной чертой качественного состава биогенной взвеси обоих озёр, собранной в июле 2012 г., было наличие на всех горизонтах в большом количестве цианобактерий.

В придонных слоях преобладали минеральные частицы пелитового и алевроитового размеров, поступающие в воду в результате взмучивания поверхностного слоя донных осадков.

Во взвеси, отобранной в оз. Масельгское на глубине 12 м, обнаружены частицы оксидов марганца. Вероятно, что в этом слое, при повышении концентрации растворенного кислорода по мере приближения к поверхности озера, происходило окисление растворенного марганца, концентрация которого в придонной слое была очень высокой [9].

Выводы

В июле 2011 и 2012 гг. концентрация взвеси в озерах Масельгское и Вильно в Кенозерском национальном парке была сравнительно низкой, но в несколько раз выше, чем минимальные концентрации в мезотрофных озерах бореальной зоны. Повышенные концентрации взвеси в придонных горизонтах обусловлены гидродинамикой водоемов.

В поверхностных слоях исследованных озёр в составе взвеси преобладали биогенные частицы (клетки и колонии диатомовых водорослей, цианобактерий и золотистых водорослей, характерных для пресноводных водоёмов), доля минеральных частиц была незначительной. В придонных слоях преобладали минеральные частицы пелитового и алевроитового размеров.

Авторы признательны С.А. Забелиной (ИЭПС УрО РАН) за помощь в организации экспедиции, В.А. Карлову (ИО РАН) за помощь в работе на сканирующем электронном микроскопе.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №12-05-90829_мол_рф_нр, гранта РФФИ-Север №11-05-98802_а, Проекта УрО РАН №12-У-5-1014, Проекта Президиума РАН №12-П-5-1021 и проекта “Трансевропейский меридиональный морской эколого-геохимический разрез” Программы №23 фундаментальных исследований Президиума РАН.

Список литературы

1. Гидролого-гидрохимические исследования озер Масельгское и Вильно (Кенозерский национальный парк) / Т.Я. Воробьева, С.И. Климов, Н.В. Шорина [и др.] // Проблемы региональной экологии. – 2009. – № 6. – С. 72–77.
2. Количественное распределение и состав взвеси в эстуариях Оби и Енисея / В.П. Шевченко, О.В. Северина, Н.Г. Майорова, Г.В. Иванов // Вестн. Моск. ун-та. – Сер.4. – Геология. – 1996. – № 3. – С. 81–86.
3. Лисицын А.П. Процессы в водосборе Белого моря: подготовка, транспортировка и отложение осадочного материала, потоки вещества, концепция «живого водосбора» / А.П. Лисицын // Система Белого моря. Т. I. Природная среда водосбора Белого моря. – М.: Научный мир, 2010. – С. 353–445.
4. Лисицын А.П. Гидрооптика и взвесь арктических морей / А.П. Лисицын, В.П. Шевченко, В.И. // Оптика атмосферы и океана. – 2000. – Т. 13. – № 1. – С. 70–79.
5. Страхов Н.М. Избранные труды. Осадкообразование в современных водоёмах. – М.: Наука, 1993. – 396 с.
6. Трифонова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука, 1990. – 184 с.
7. Характеристика продукционно-деструкционных процессов малых озер Архангельской области / Л.С. Широкова, Т.Я. Воробьева, С.А. Забелина [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2008. – № 5. – С. 17–24.
8. Poister D., Armstrong D.E. Seasonal sedimentation trends in a mesotrophic lake: Influence of diatoms and implications for phosphorus dynamics / D. Poister, D.E. Armstrong // Biogeochemistry. – 2003. – V. 65. – P.1–13.
9. Size fractionation of trace elements in a seasonally stratified boreal lake: control of organic matter and iron colloids / O.S. Pokrovsky, L.S. Shirokova, S.A. Zabelina [et al.] // Aquatic Geochemistry. – 2012. – V. 18. – P. 115–139.
10. Suspended matter studies in the lake Kenozero (NW Russia) and its tributaries / M.A. Butusova, E.I. Troyanovskaya, V.P. Shevchenko [et al.] // Annales Geophysicae. – 1997. – Part II. – Suppl. II to V. 15. – P. C.329.

Рецензенты:

Пересыпкин Валерий Иванович, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией химии океана ФГБУН Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г.Москва.

Субетто Дмитрий Александрович, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой физической географии и природопользования Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, г.Санкт-Петербург.