

ИЗМЕНЧИВОСТЬ КИСЛОРОДОНАСЫЩЕНИЯ ВОД В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ р. СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ

*О.П. Нецветаева**

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
(г. Архангельск)

Северная Двина, как река с максимальным расходом на водосборе Белого моря, оказывает значительное влияние на гидрохимическую структуру Двинского залива и большей части всего моря. Ее устьевая область представляет интерес ввиду того, что является маргинальным фильтром и испытывает на себе сильное влияние полусуточных приливов и антропогенную нагрузку не только Архангельской агломерации, но и всей Архангельской области. Для оценки качества вод данной области предложено рассмотреть их кислородонасыщение как показатель интенсивности протекания продукционно-деструкционных процессов. Изучены временная (межгодовая, сезонная, мезомасштабная, или приливная) и пространственная изменчивости кислородонасыщения вод устьевой области р. Северной Двины, а также его зависимость от скорости течения в пределах мезомасштабной неоднородности. В основе исследования лежат данные, полученные в ходе экспедиционных работ Северо-Западного отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН в марте 2014 года и октябре 2015 года. Воды в марте отнесены к категории «грязные» (в силу естественных причин), а в октябре – к категории «чистые». Отмечены значительная сезонная, а также незначительные мезомасштабная (приливная) и пространственная изменчивости кислородонасыщения. Проанализированы архивные данные по кислородонасыщению на створах государственной службы наблюдения за состоянием окружающей природной среды за период 2000–2014 годов. Результаты исследования указывают на превалирование сезонной изменчивости над межгодовой, а также на отсутствие влияния изменчивости скорости течения на приливную изменчивость кислородонасыщения.

Ключевые слова: *кислородонасыщение речных вод, экологический мониторинг речных вод, устьевая область р. Северной Двины.*

На водосборе Белого моря в настоящее время превалируют условно-фоновые участки, сохранившие свои первоначальные природные харак-

теристики, однако антропогенная нагрузка на море присутствует, и при сохранении существующих тенденций экологическая ситуация здесь

Контактное лицо: Нецветаева Ольга Петровна, *адрес:* 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17; *e-mail:* melob@bk.ru

Для цитирования: Нецветаева О.П. Изменчивость кислородонасыщения вод в устьевой области р. Северной Двины // Arctic Environmental Research. 2017. Т. 17, № 2. С. 88–97. DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.2.88

в ближайшее время может заметно ухудшиться. Важнейшим фактором антропогенного влияния на Белое море является речной сток (215 км³/год [1]), причем максимальное антропогенное воздействие он оказывает на Двинский залив [2].

Речной сток – один из важнейших факторов формирования кислородного режима поверхностного слоя Белого моря: в зонах его воздействия (особенно в весенний паводок) формируются поля пониженных концентраций кислорода. Наиболее заметно такое понижение под восточным берегом Двинского залива, по ходу распространения струи стока Северной Двины (среднегодовое значение 101,31 км³) [3, 4] – реки с максимальным расходом на водосборе Белого моря, одной из крупнейших рек севера европейской части России [5].

Необходимость исследования кислородонасыщения вод именно в устьевой области р. Северной Двины вызвана рядом причин.

1. Данная область представляет собой так называемый маргинальный фильтр, где происходит смешение речных и морских вод. Здесь воды, как речные, так и морские, подвергаются глубокому преобразованию, на определенной стадии которого начинают действовать биологические процессы – биоассимиляция и биофильтрация [6]. Деятельность живых организмов, участвующих в этих процессах, так же как и в целом возможность существования в воде жизни, определяется присутствием в ней кислорода, или ее аэрированностью.

2. На удалении до 135 км от границы с Белым морем (с. Усть-Пинега) в водотоке р. Северной Двины прослеживается действие полусуточного прилива, что способствует значительной пространственно-временной изменчивости многих гидрохимических показателей в устьевых водах, в отличие от чисто морских или чисто речных [7].

3. Устьевая область р. Северной Двины испытывает на себе значительную антропогенную нагрузку Архангельской агломерации,

которую относят к числу наиболее урбанизированных, промышленно и транспортно освоенных на Севере России. При этом около 85 % загрязняющих веществ, поступающих в водоток со сточными водами предприятий, приходится на долю целлюлозно-бумажных комбинатов [8]. Поскольку большая часть веществ, в т. ч. и опасных, оседает в зоне маргинального фильтра, именно устьевая область реки подвержена максимальному антропогенному воздействию [2].

К числу основных показателей, позволяющих определить качество природных вод, относится содержание растворенного кислорода, т. к. оно определяет интенсивность протекания процессов в гидробиохимических системах [9].

В природных водах концентрация растворенного кислорода варьирует в диапазоне 0–14 мг/л. Для водоемов рыбохозяйственного назначения его концентрация не должна быть ниже 4 мг/л в зимний период (при ледоставе) и 6 мг/л – в летний¹. Однако, ввиду того что растворимость газа напрямую зависит от температуры и минерализации воды (обратная зависимость), для обоснованной оценки избытка или дефицита кислорода используют показатель кислородонасыщения, т. е. процентного отношения наблюдаемого содержания кислорода к его растворимости.

Устьевая область р. Северной Двины привлекает внимание исследователей в различных сферах науки. Встречаются публикации, посвященные вопросам осадконакопления, рассматриваются состав и структура фито-, зоо- и бактериопланктона. Уделяется внимание различным гидрохимическим показателям, в т. ч. концентрациям загрязнителей: тяжелых металлов, органических веществ и пр. Практически во всех подобных исследованиях не обходится без определения содержания в водах растворенного кислорода как одного из важнейших факторов, характеризующих абиотическую

¹Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А., Виниченко В.Н., Аверочкин Е.М. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справ. материалы. М., 2000. 87 с.

среду, наряду с температурой, уровнем рН и соленостью (для морских вод). Однако кислородонасыщению как самостоятельному показателю качества вод р. Северной Двины, на наш взгляд, уделяется незаслуженно мало внимания. Северным УГМС непрерывно и круглогодично проводится экологический мониторинг качества вод устьевой области р. Северной Двины с ежедекадным определением растворенного кислорода на створах государственной службы наблюдения за состоянием окружающей природной среды (ГСН), в результате которого накапливается ценный массив данных [10], отражающих фоновое состояние вод устьевой области р. Северной Двины по показателю кислородонасыщения.

Цель настоящей работы заключается в рассмотрении временной (мезомасштабной (приливной), сезонной и межгодовой), а также пространственной изменчивостей кислородонасыщения вод устьевой области р. Северной Двины, а также его зависимости от скорости течения.

Материалы и методы. В рамках темы «Физические и химические процессы в экосистемах устьевых областей и водосборов рек бассейна Белого моря» Северо-Западным отделением Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН в 2014 году (с 17 по 28 марта) [11], а также в 2015 году (с 1 по 10 октября) проводились экспедиционные работы в устьевой области р. Северной Двины, на 5 полусуточных станциях (рис. 1), расположенных на прямых участках русла реки. На этих станциях в течение полусуток через каждые 3 ч в 2014 году и через каждые 2 ч в 2015 году отбирали пробы воды с поверхностного и придонного горизонтов с помощью батометра Нискина объемом 5 л. Глубина мест отбора на 2-й, 4-й и 5-й станциях варьировала в диапазоне 5–7 м, 1-я и 3-я станции были более глубоководны: в марте – 15,5 и 17 м, в октябре – 14 и 8 м соответственно. В марте 2014 года толщина ледового покрова составляла 45–60 см, в октябре 2015 года ледовый покров отсутствовал, льдообразование началось в начале ноября².

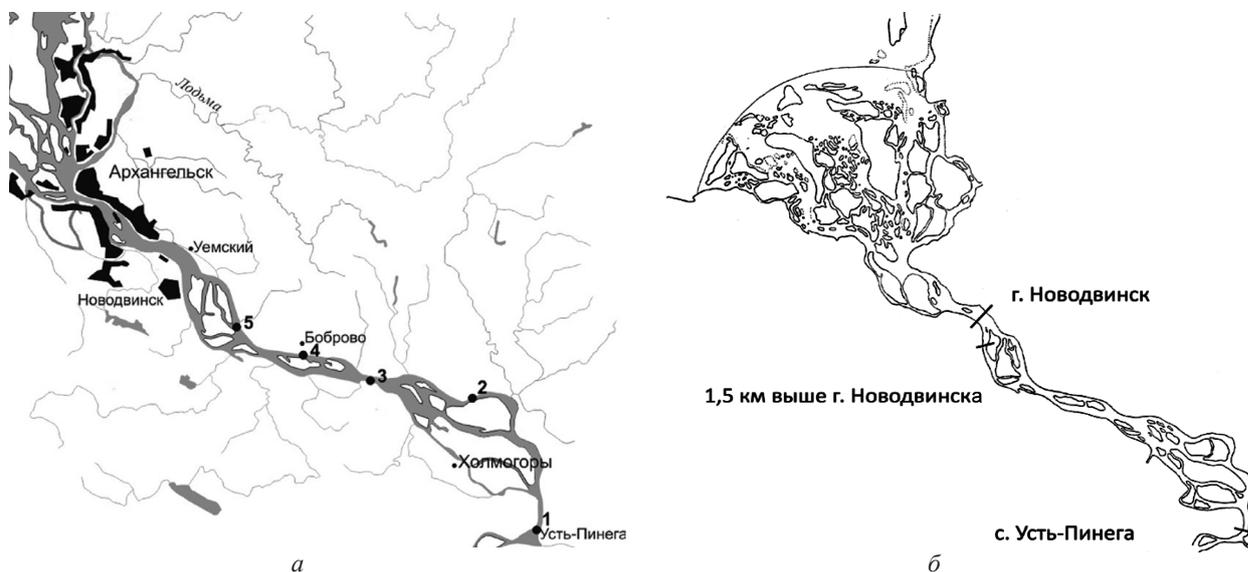


Рис. 1. Карта-схема устьевой области р. Северной Двины с обозначением: *а* – точек отбора проб воды в марте 2014 года и октябре 2015 года (цифрами обозначены номера полусуточных станций); *б* – створов ГСН

²Обзор гидрометеорологических условий в ноябре 2015 года на территории Архангельской области. URL: <http://www.sevmeteo.ru/weather/gidro/2118> (дата обращения: 15.05.2017).

С целью определения растворенного кислорода в 2014 и 2015 годах было соответственно отобрано 46 и 66 проб воды в специальные кислородные склянки. Растворенный кислород в них сразу же фиксировался хлоридом марганца (II) и щелочным раствором иодида калия с образованием осадка. Растворенный кислород определяли на следующий день в стационарной лаборатории объемным методом Винклера, который является одной из модификаций йодометрического титрования. Сущность метода заключается в превращении растворенного кислорода в эквивалентное количество йода и последующем его определении³. Параллельно с отбором проб воды в октябре 2015 года измеряли скорость течений с помощью гидрофизического зонда «Seaguard® RCM» фирмы «Aanderaa» в поверхностном и придонном горизонтах.

Также был проанализирован массив данных по кислородонасыщению в октябре и марте 2000–2014 годов вод поверхностного горизонта устьевой области р. Северной Двины, совпадающего с обследованной нами областью, а именно в середине русла на створах ГСН: в черте с. Усть-Пинеги, 1,5 км выше г. Новодвинска и в черте г. Новодвинска (рис. 1). Имеющиеся данные о содержании растворенного кислорода также были получены объемным методом Винклера. Для анализа был выбран только поверхностный горизонт, т. к. данные по придонному не многочисленны и присутствуют не на всех створах. В марте данные по створу в черте г. Новодвинска отсутствуют.

Результаты и обсуждение. Осенью 2015 года концентрация растворенного кислорода в водах рассматриваемой области изменялась в диапазоне от 9,31 до 11,43 мг/л, что превышает минимальное значение, установленное для вод рыбохозяйственного назначения (6 мг/л для летнего периода). Как видно на рис. 2,

колебания усредненных за полусутки значений насыщения вод кислородом вдоль русла были незначительны и варьировали в диапазоне 83,76–88,62 %, поэтому воды можно отнести к категории «чистые»⁴. Причем насыщение в поверхностном и придонном горизонтах практически совпадает на всех станциях, кроме 1-й, где кислородом более насыщены поверхностные воды. Вероятно, это связано с глубиной: на 1-й станции она максимальна (14 м), что затрудняет перемешивание вод и обогащение нижних слоев кислородом, поступающим из атмосферы и образуемым в поверхностном го-

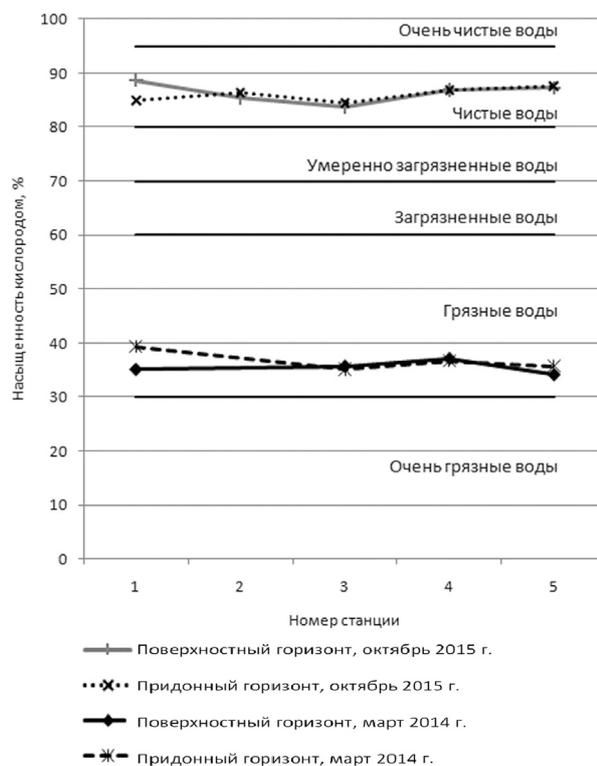


Рис. 2. Кривые кислородонасыщения (%) вод устьевой области р. Северной Двины в марте 2014 года и октябре 2015 года (усредненные значения за полусутки)

³Современные методы гидрохимических исследований океана: метод. указания. М., 1992. 200 с.

⁴Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А., Виниченко В.Н., Аверочкин Е.М. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды.

ризонте; на остальных станциях глубина значительно ниже (5–8 м).

Содержание растворенного кислорода в природных водах подвержено ярко выраженной сезонной изменчивости. Это подтверждается данными, полученными в октябре (осенний гидрологический сезон) 2015 года и в марте (зимний гидрологический сезон) 2014 года на одних и тех же станциях. На *рис. 2* видно, что вдоль русла зимой кислородонасыщение меняется незначительно как в поверхностном, так и в придонном горизонте – в диапазоне 35,13–39,34 %. Заметное различие между насыщением поверхностных и придонных вод отмечается, как и в октябре, на 1-й станции, однако в этом случае кислородом более насыщены придонные воды, что также может быть связано с глубиной места отбора. Значения, полученные в марте, ниже октябрьских и характеризуют воды как «грязные». Учитывая то, что в этот период р. Северная Двина покрыта льдом, можно сделать вывод о естественных причинах столь низкого насыщения: ограничена аэрация вод из атмосферы и понижена интенсивность фотосинтеза. При этом даже зимой в данной области содержание растворенного кислорода не опускалось

ниже минимальной концентрации, допустимой для водоемов рыбохозяйственного значения (4 мг/л для зимнего периода), и варьировало в диапазоне 5,02–5,76 мг/л.

Насыщенность вод кислородом подвержена и межгодовой изменчивости, однако преобладающее влияние сезонной изменчивости подтверждают архивные данные по кислородонасыщению вод на створах ГСН в октябре и марте 2000–2014 годов. Данные в рассматриваемых выборках распределены нормально, стандартное отклонение в октябре и марте 8,45 и 8,49 % соответственно. В обеих выборках довольно велик размах – 48,39 % в октябре и 30,13 % в марте. Однако на *рис. 3* наглядно показано, что даже максимальные мартовские значения значительно ниже октябрьских, за исключением 2012 года, где на створе выше г. Новодвинска отмечено единичное аномально низкое кислородонасыщение (44,74 %). Воды на рассматриваемых створах ГСН в марте 2000–2014 годов относятся к категориям «грязные» и «очень грязные» с медианным значением за весь рассматриваемый период в марте 34,13 % («грязные»), а в октябре – в основном «чистые» и «умеренно загрязненные» с медианным зна-

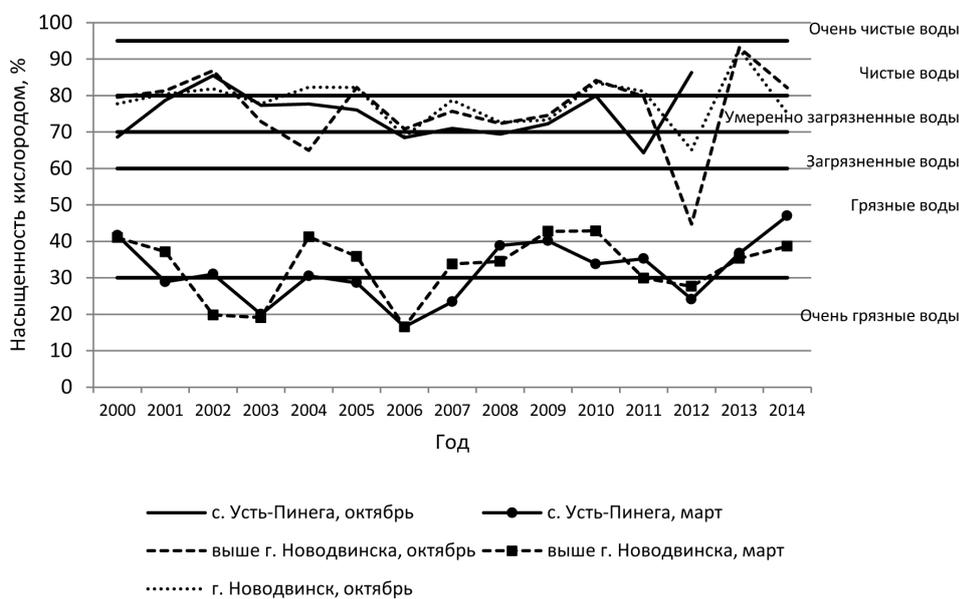


Рис. 3. Кривые кислородонасыщения (%) вод поверхностного горизонта устьевой области р. Северной Двины на створах ГСН в октябре и марте 2000–2014 годов

чением за весь рассматриваемый период в октябре 77,75 % («умеренно загрязненные»). На створах у с. Усть-Пинега и выше г. Новодвинска в октябре отмечаются единичные снижения качества вод по кислородонасыщению до «загрязненных», исключение составляет 2012 год с аномально «грязными» водами выше г. Новодвинска и «загрязненными» в черте г. Новодвинска. Также отметим, что тренды межгодовой изменчивости кислородонасыщения в октябре и марте не связаны друг с другом, определяющими являются гидрометеорологи-

ческие условия конкретного месяца исследования, а не года в целом. Это подтверждают коэффициенты ранговой корреляции (ρ) между кислородонасыщением в октябре и марте для выборок у с. Усть-Пинеги ($n = 13$) и выше г. Новодвинска ($n = 15$) за период 2000–2014 годов. В первом случае $\rho = 0,02$, во втором – $\rho = 0,23$, причем полученные коэффициенты являются статистически незначимыми ($p > 0,05$).

В течение полусуток в октябре 2015 года кислородонасыщение на всех станциях практически не изменялось (рис. 4). В поверхностном

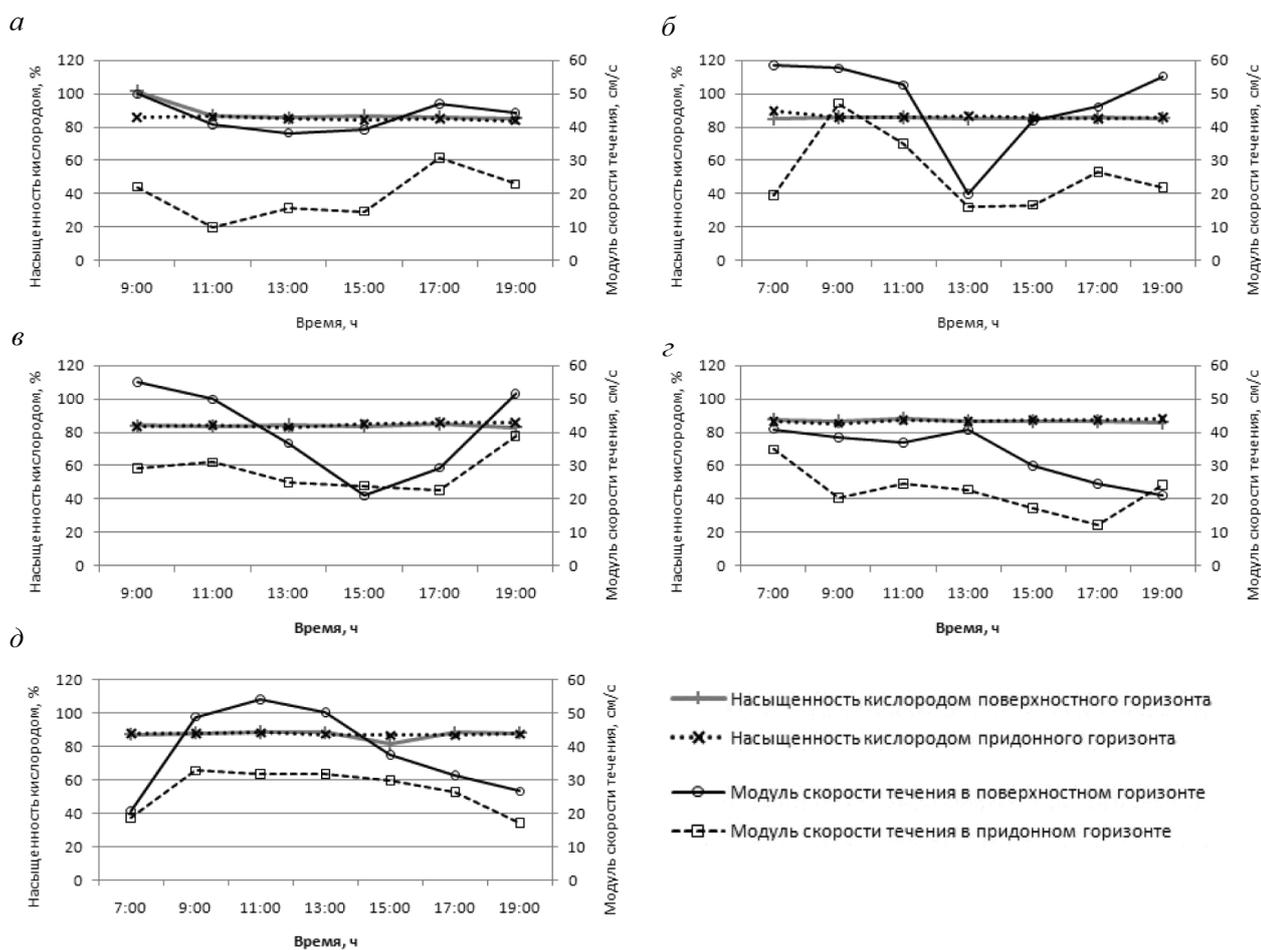


Рис. 4. Динамика насыщения вод кислородом и скорости течений в устьевой области р. Северной Двины в пределах полусуток в октябре 2015 года: а – 1-я станция; б – 2-я станция; в – 3-я станция; г – 4-я станция; д – 5-я станция

горизонте диапазон изменений составил 81,7–101,4 %, в придонном горизонте – 83,0–89,5 %. Из общего ряда выбивается значение насыщения в поверхностном горизонте на 1-й станции в 9:00 (101,4 %), не оказывающее влияния на общий тренд. Скорость течений, напротив, изменялась в течение полусуток значительно: в поверхностном горизонте модуль скорости изменялся в пределах 20,1–58,6 см/с, в придонном – 9,9–47,1 см/с. На каждой станции изменение скорости течения происходило по различным трендам, но в поверхностном и придонном горизонтах изменения происходили синхронно на всех станциях. Это подтверждают результаты ранговой корреляции (см. таблицу). На 1–3-й станциях отмечается средняя корреляция между модулями скорости течения в поверхностном и придонном горизонтах, на 4-й – слабая, а на 5-й – сильная, причем во всех случаях связь положительная.

Для выявления зависимости кислородонасыщения вод от скорости течения также были рассчитаны коэффициенты ранговой корреляции Спирмена (ρ). Распределения в выборках соответствуют нормальным. Модуль коэффи-

циента ранговой корреляции $|\rho| = 0,02–0,49$ на разных станциях и горизонтах, что интерпретируется как очень слабая и слабая корреляции. Исключение составляет зависимость в поверхностном горизонте 5-й станции, характеризующаяся коэффициентом корреляции $\rho = 0,67$, т. е. средней силой связи. На 2-й и 3-й станциях отмечаются отрицательные корреляции, на 4-й – положительная, на 1-й и 5-й – положительная в поверхностном горизонте, а отрицательная – в придонном. Однако ввиду того, что для всех полученных коэффициентов уровень значимости $p > 0,05$, результаты статистически незначимы.

Закключение. Исследованием выявлено, что абсолютные значения растворенного кислорода в водах устьевой области р. Северной Двины не опускались ниже концентрации, допустимой для водоемов рыбохозяйственного значения, ни в октябре 2015 года, ни в марте 2014 года.

Насыщение кислородом вод устьевой области р. Северной Двины подвержено ярко выраженной сезонной изменчивости: зимой насыщение вод кислородом значительно падает в

**КОЭФФИЦИЕНТЫ РАНГОВОЙ КОРРЕЛЯЦИИ СПИРМЕНА
МЕЖДУ МОДУЛЕМ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ (V) И КИСЛОРОДОНАСЫЩЕНИЕМ ВОД (O_2),
МОДУЛЯМИ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ В ПОВЕРХНОСТНОМ ($V_{\text{пов}}$) И ПРИДОННОМ ГОРИЗОНТАХ ($V_{\text{прид}}$)**

№ станции	Горизонт	n	ρ_{V, O_2}	$\rho_{V_{\text{пов}}, V_{\text{прид}}}$
1	Поверхностный	6	0,46	0,60
	Придонный	6	-0,49	
2	Поверхностный	7	-0,14	0,54
	Придонный	7	-0,18	
3	Поверхностный	6	-0,29	0,77
	Придонный	6	-0,06	
4	Поверхностный	7	0,32	0,46
	Придонный	7	0,04	
5	Поверхностный	7	0,67	0,82*
	Придонный	7	-0,02	

Примечание: * – корреляция значима на уровне $p = 0,05$.

сравнении с осенними показателями в результате ограничения ледовым покровом газообмена с атмосферой и снижения интенсивности процесса фотосинтеза. Это обстоятельство оказывает влияние на качество вод: осенью 2015 года они характеризуются как «чистые», а зимой 2014 года – «грязные». Стоит отметить, что в воды р. Северной Двины и ее притоков поступает значительное число гумусовых веществ с водосбора, что приводит к увеличению расхода кислорода на их окисление. Поэтому в монографии [8] было предложено пересмотреть нормативы качества высокоцветных вод для рек типа Северной Двины ввиду высоких фоновых характеристик органического вещества (химическое потребление кислорода, перманганатная окисляемость и цветность). Несмотря на то, что в данной монографии в основном рассматривалась область реки выше с. Усть-Пинеги, мы считаем, что данное замечание справедливо и для устьевой области. Результаты анализа архивных данных по кислородонасыщению поверхностных вод устьевой области р. Северной Двины на створах ГСН за период 2000–2014 годов указывают на присутствие и межгодовой изменчивости, однако сезонная изменчивость превалирует.

Пространственная изменчивость показателя кислородонасыщения вод р. Северной Двины вдоль русла оказалась незначительной: колебания не превышали 5 % как осенью, так и зимой. Мезомасштабная (приливная) изменчивость кислородонасыщения вод устьевой области реки также незначительна: колебания не превышали 7 % (за исключением значения в поверхностном горизонте на 1-й станции в 9:00, выбивающегося из общего ряда).

С глубиной кислородонасыщение вод устьевой области р. Северной Двины также практически не изменяется (по данным исследований в марте 2014 года и октябре 2015 года), что, вероятно, свидетельствует о хорошем перемешивании вод. Очевидно, что хорошее перемешивание вод до квазиоднородного состояния по показателю кислородонасыщения обусловлено влиянием течений. Но после проведенного корреляционного анализа не было выявлено статистически значимой зависимости изменчивости насыщения вод кислородом в устьевой области реки от изменчивости скорости течения в пределах временной мезомасштабной неоднородности, что может быть объяснено интенсивным перемешиванием вод под действием прилива во всей устьевой области.

Список литературы

1. Залогин Б.С., Косарев А.Н. Моря. М., 1999. 400 с.
2. Толстиков А.В., Чернов И.А. Антропогенное воздействие на экологическое состояние Белого моря // Науч.-исслед. публикации. 2014. № 15(19). С. 19–31.
3. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР: в 10 т. Т. II. Белое море. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биопродуктивности. Л., 1991. 193 с.
4. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР: в 10 т. Т. II. Белое море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. Л., 1991. 241 с.
5. Кузнецов В.С., Мискевич И.В., Зайцева Г.Б. Гидрохимическая характеристика крупных рек бассейна Северной Двины. Л., 1991. 195 с.
6. Лисицын А.П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. 1994. Т. 34, № 5. С. 735–747.
7. Мискевич И.В., Боголицын К.Г. Гидрохимия приливных устьев рек: методы расчетов и прогнозирования. Архангельск, 2001. 125 с.
8. Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Колесниченко Н.Н. Проблемы качества поверхностных вод в бассейне Северной Двины. М., 2003. 233 с.
9. Бреховских В.Ф. Гидрофизические факторы формирования кислородного режима водоемов. М., 1988. 168 с.

10. Пуканов С.И., Оленичева А.В. Государственный мониторинг загрязнения поверхностных вод в бассейне Северной Двины // Экология Северной Двины. Архангельск, 1999. С. 80–85.

11. Лецев А.В., Хоменко Г.Д., Коробов В.Б., Лохов А.С., Чульцова А.Л., Ружникова Н.Н., Махнович Н.М., Белоруков С.К., Яковлев А.Е., Ефремова О.П., Муангу Ж.Э.Р. Экспедиционные работы в устьевой области реки Северной Двины в марте 2014 г. // Океанология. 2015. Т. 55, № 2. С. 348–350.

References

1. Zalogin B.S., Kosarev A.N. *Morya* [Seas]. Moscow, 1999. 400 p.
2. Tolstikov A.V., Chernov I.A. Antropogennoe vozdeystvie na ekologicheskoe sostoyanie Belogo morya [Anthropogenic Impact on the Ecological State of the White Sea]. *Nauchno-issledovatel'skie publikatsii* [Journal of Scientific Research Publications], 2014, no. 15(19), pp. 19–31.
3. *Gidrometeorologiya i gidrokimiya morey SSSR: v 10 t. T. II. Beloe more. Vyp. 2. Gidrokhimicheskie usloviya i okeanologicheskie osnovy formirovaniya bioproduktivnosti* [Hydrometeorology and Hydrochemistry of the Seas of the USSR: in 10 volumes. Vol. II. The White Sea. Iss. 2. Hydrochemical Conditions and Oceanological Basis for the Biological Productivity Formation]. Leningrad, 1991. 193 p.
4. *Gidrometeorologiya i gidrokimiya morey SSSR: v 10 t. T. II. Beloe more. Vyp. 1. Gidrometeorologicheskie usloviya* [Hydrometeorology and Hydrochemistry of the Seas of the USSR: in 10 volumes. Vol. II. The White Sea. Iss. 1. Hydrometeorological Conditions]. Leningrad, 1991. 241 p.
5. Kuznetsov V.S., Miskevich I.V., Zaytseva G.B. *Gidrokhimicheskaya kharakteristika krupnykh rek basseyna Severnoy Dviny* [Hydrochemical Characteristics of Large Rivers of the Northern Dvina Basin]. Leningrad, 1991. 195 p.
6. Lisitsyn A.P. Marginal'nyy fil'tr okeanov [A Marginal Filter of the Oceans]. *Okeanologiya* [Oceanology], 1994, vol. 34, no. 5, pp. 735–747.
7. Miskevich I.V., Bogolitsyn K.G. *Gidrokimiya prilivnykh ust'ev rek: metody raschetov i prognozirovaniya* [Hydrochemistry of Tidal River Estuaries: Methods of Calculation and Forecasting]. Arkhangelsk, 2001. 125 p.
8. Brekhovskikh V.F., Volkova Z.V., Kolesnichenko N.N. *Problemy kachestva poverkhnostnykh vod v basseyne Severnoy Dviny* [Problems of Surface Water Quality in the Northern Dvina Basin]. Moscow, 2003. 233 p.
9. Brekhovskikh V.F. *Gidrofizicheskie faktory formirovaniya kislorodnogo rezhima vodoemov* [Hydrophysical Factors of Formation of the Reservoirs Oxygen Regimen]. Moscow, 1988. 168 p.
10. Pukanov S.I., Olenicheva A.V. Gosudarstvennyy monitoring zagryazneniya poverkhnostnykh vod v basseyne Severnoy Dviny [State Monitoring of Surface Water Pollution in the Northern Dvina Basin]. *Ekologiya Severnoy Dviny* [Ecology of the Northern Dvina]. Arkhangelsk, 1999, pp. 80–85.
11. Leshchev A.V., Khomenko G.D., Korobov V.B., Lokhov A.S., Chul'tsova A.L., Ruzhnikova N.N., Makhnovich N.M., Белоруков С.К., Яковлев А.Е., Ефремова О.П., Муангу Ж.Э.Р. Экспедиционные работы в устьевой области реки Северной Двины в марте 2014 г. [Fieldworks in the Northern Dvina Estuary in March 2014]. *Okeanologiya* [Oceanology], 2015, vol. 55, no. 2, pp. 348–350.

DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.2.88

Ol'ga P. Netsvetaeva*

*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
(Arkhangelsk, Russian Federation)

OXYGEN SATURATION VARIABILITY OF WATERS IN THE ESTUARY OF THE NORTHERN DVINA RIVER

The Northern Dvina, as a river with the maximum flow in the watershed of the White Sea, has a significant influence on the hydrochemical structure of the Dvina Cove and the great part of the sea. Its estuary is a marginal filter experiencing a strong influence of semidiurnal tides and anthropogenic

load not only of the Arkhangelsk agglomeration, but also of the entire Arkhangelsk region. To assess the quality of waters in this area, we suggest considering oxygen saturation of water as an indicator of the intensity of the production and destruction processes. The temporal (interannual, seasonal, mesoscale, or tidal) and spatial oxygen saturation variability of the estuarine waters of the Northern Dvina river have been studied. We have also investigated the dependence of the oxygen saturation variability on the flow rate within the mesoscale irregularity. The research is based on data obtained during the expedition of the North-West Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences in March 2014 and October 2015. The waters in March are classified as “dirty” (due to natural causes), and in October – to the category “clean”. Significant seasonal, as well as insignificant mesoscale (tidal) and spatial variability of oxygen saturation have been noted. We have analyzed the archival data on oxygen saturation at the points of the state service for natural environment monitoring during the period of 2000–2014. The study results indicate the prevalence of seasonal variability over the interannual variability, as well as the absence of the effect of flow rate variability on the tidal variability of oxygen saturation.

Keywords: *oxygen saturation of river waters, environmental monitoring of river waters, estuary of the Northern Dvina River.*

Поступила 01.02.2017
Received on February 01, 2017

Corresponding author: Ol'ga Netsvetaeva, *address:* Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; *e-mail:* melob@bk.ru

For citation: Netsvetaeva O.P. Oxygen Saturation Variability of Waters in the Estuary of the Northern Dvina River. *Arctic Environmental Research*, 2017, vol. 17, no. 2, pp. 88–97. DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.2.88