РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЗОННЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОХИМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В БЕЛОМ МОРЕ (по данным 2000-2004 годов)

В.А. Чугайнова

В статье представлены результаты мониторинговых наблюдений на рейдовых станциях в 2000-2004 гг. в районе базы СевПИНРО (пролив Печаковская Салма, Соловецкие острова) и у причала п. Пертоминск (Унская губа Двинского залива). Наблюдения за гидрологическим и гидрохимическим режимами проводились в зимний (март), весенний (май), летний (июль) и осенний (октябрь) периоды в течение полусуточного приливного цикла с дискретностью 2 часа. Выявлена сезонная и суточная динамика температурного и газового режима, биогенных элементов, процессов продуцирования органического вещества, а также уровень загрязнения.

Одной из важнейших задач современных исследований Белого моря является комплексное изучение морских экосистем, функционирование которых определяется совокупностью взаимосвязанных и взаимообусловленных физических, химических и биологических процессов. Исследование вод Белого моря как среды обитания морских организмов необходимо для раскрытия связей между абиотическими условиями и биологической продуктивностью. В этом аспекте наиболее эффективным подходом для оценки водной экосистемы является мониторинг состояния ее различных элементов. Наличие мониторинговой информации дает возможность отслеживать существующие и возникающие природные и антропогенные процессы и на этой основе прогнозировать их развитие.

Сезонные мониторинговые наблюдения за параметрами среды проводились на рейдовых станциях в 2000-2004 гг. на базе СевПИНРО в проливе Печаковская Салма (Соловецкие острова) и у причала в п. Пертоминск (Унская губа). Каждый год в зимний (март), весенний (май), летний (июль) и осенний (октябрь) периоды в течение полусуточного приливного цикла с дискретностью 2 часа измерялись гидрологические характеристики и отбирались пробы воды для проведения химического анализа. Наряду с измерениями солености и температуры определялось содержание кислорода, БПК5, первичной продукции и деструкции органического вещества, нефтеуглеводородов. Кроме того, в полную и малую воду отбирались пробы для определения биогенных элементов, тяжелых металлов, фенолов, лигнинов, фито- и зоопланктона. Химические анализы проводились по общепринятым методикам.

Пролив Печаковская Салма

Особенностью Соловецких островов является их расположение на границе между Бассейном и Онежским заливом. Приливные течения здесь имеют большие скорости и оказывают существенное влияние на особенности гидрологии пролива Печаковская Салма. Особенно велики скорости приливных течений в Соловецких салмах, где могут достигать в сизигию 1,00 м/с и более. Гидрологическое следствие сильных приливных течений заключается в интенсивном вертикальном турбулентном перемешивании вод, что приводит к полной вертикальной гомотермии и гомогалинности на большей части акватории Онежского залива.

Близость к Бассейну определяет достаточно высокую и стабильную соленость на протяжении всего года (табл. 1).

Таблица 1

Статистические характеристики солености воды (‰) в Печаковской Салме в 2000-2004 гг.

Показатели	Зима	Весна	Лето	Осень
Среднее значение	24,15	26,44	26,47	25,96
Стандартное отклонение	2,30	0,43	0,54	0,52
Медиана	23,80	26,55	26,40	26,20
Максимальное значение	27,30	27,20	27,80	26,60
Минимальное значение	20,60	25,30	25,10	24,90
Количество наблюдений	22	22	36	27

Особенностью температурного режима Печаковской Салмы является сравнительно низкая средняя температура воды в летний период - результат водообмена через Западную и Восточную Соловецкие Салмы (табл. 2). Довольно часто в районе Соловецких островов температура поверхностного слоя воды бывает ниже, чем в поверхностных водах Бассейна.

Таблица 2

Статистические характеристики температуры воды (°С) в Печаковской Салме в 2000-2004 гг.

Показатели	Зима	Весна	Лето	Осень
Среднее значение	-1,29	3,46	10,53	3,25
Стандартное отклонение	0,24	0,66	2,79	0,93
Медиана	-1,30	3,60	9,90	3,20
Максимальное значение	-1,00	4,80	19,20	4,80
Минимальное значение	-1,70	2,10	7,20	1,90
Количество наблюдений	23	23	41	31

Благодаря деятельности водных растений, а также пониженным температурам, содержание и насыщенность кислородом вод в исследованном районе в течение весны и лета превышала 100% (табл. 3).

Таблица 3

Статистические характеристики содержания кислорода в Печаковской Салме в 2000-2004 гг.

Статистика	Зима	Весна	Лето	Осень
Содержание кислорода, мгO₂/л				
Среднее значение	11,39	13,56	11,81	11,09
Стандартное отклонение	1,54	1,24	1,14	0,30
Медиана	11,49	13,36	11,43	11,03
Максимальное значение	13,09	17,89	14,98	11,99
Минимальное значение	8,56	12,03	9,27	10,61
Количество наблюдений	23	23	41	31
Насыщенность кислородом, %				
Среднее значение	99	122	125	99
Стандартное отклонение	26	11	18	3
Медиана	90	121	119	99
Максимальное значение	139	157	167	105
Минимальное значение	67	103	100	92
Количество наблюдений	23	23	41	31

Так как потребление кислорода на дыхание и окисление сравнительно мало зависит от суточной изменчивости солнечной радиации, а фотосинтез полностью определяется ею, то в течение дня происходит накопление кислорода в воде, а в темное время суток – только расходование его (рис. 1).

Повышенное содержание кислорода в летний период объясняется тем, что исследования проводились в литоральной зоне, где растут макрофиты, являющиеся основным продуцентом органического вещества в этом районе. Осенью наблюдается понижение содержания кислорода в связи с затуханием деятельности водных растений и увеличением расходования кислорода на окисление органики.

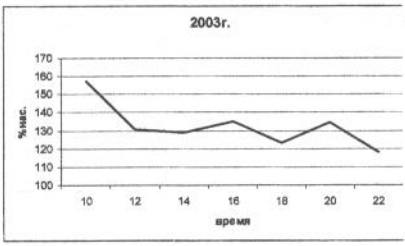
Величина биохимического потребления кислорода ($БПК_5$) показывает качественную и количественную характеристику органического вещества. В конце зимы $БПК_5$, как правило, меньше, чем весной, когда в результате процессов продуцирования в воде образуется много лабильного органического вещества, на окисление которого требуется кислород. В осенний период $БПК_5$ также увеличивается (табл.4).

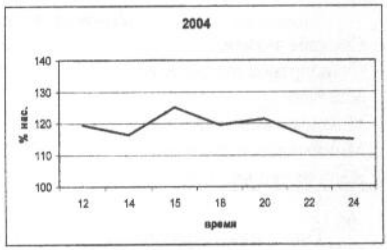
Таблица 4

Статистические характеристики БПК5 (мгO_2/л) в Печаковской Салме в 2000-2004 гг.

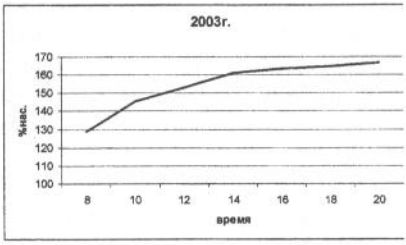
Показатели	Зима	Весна	Лето	Осень
Среднее значение	2,64	3,61	2,72	2,78
Стандартное отклонение	0,60	1,74	1,13	1,13
Медиана	2,59	3,83	2,60	2,67
Максимальное значение	3,70	6,99	5,22	6,33
Минимальное значение	1,35	1,19	0,99	1,25
Количество наблюдений	21	23	39	26

Весна





Лето



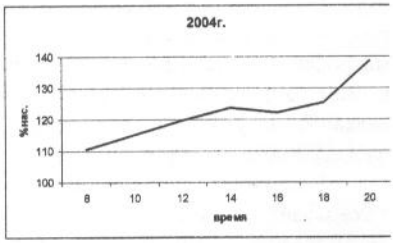


Рис. 1. Суточная динамика кислорода (% насыщенности) в проливе Печаковская Салма в 2003 и 2004 гг.

Уровень первичной продуктивности моря определяется, прежде всего, наличием биогенных элементов, среди которых наиболее важными являются нитраты и фосфаты. Концентрации минеральных соединений биогенных элементов в поверхностном слое подвержены значительным пространственно-временным изменениям. Максимальные концентрации биогенных элементов, в частности нитратов, как правило, обнаруживаются в конце зимнего периода (0,1-0,2 мг/л), (табл. 5). С наступлением весны они активно потребляются водными растениями и количество их заметно уменьшается (0,073 мг/л). В летний период концентрация минерального азота находится в минимуме (0,048 мг/л), затем постепенно увеличивается осенью в результате процессов регенерации (0,059 мг/л), а так же вследствие затухания жизнедеятельности фитопланктона, и достигает максимума в конце зимы (см. табл. 5). Количество нитритов в течение года изменялось в пределах 0-0,004 мг/л.

Таблица 5

Статистические характеристики содержания солей азота (мг/л) в Печаковской Салме в 2000-2004 гг.

Показатели	Зима	Весна	Лето	Осень
		Азот нитратов		
Среднее значение	0,114	0,073	0,048	0,059
Стандартное отклонение	0,053	0,050	0,026	0,030
Медиана	0,093	0,068	0,048	0,061
Максимальное значение	0,200	0,154	0,096	0,093
Минимальное значение	0,056	0,020	0,010	0,025
Количество наблюдений	8	8	14	10
		Азот нитритов		
Среднее значение	0,002	0,001	0,002	0,002
Стандартное отклонение	0,001	0,002	0,001	0,001
Медиана	0,001	0,001	0,002	0,002
Максимальное значение	0,003	0,004	0,004	0,003
Минимальное значение	0,001	0,000	0,000	0,001
Количество наблюдений	8	8	16	10

Сезонные колебания концентрации аммонийного азота характеризуются обычно понижением его весной и в период интенсивной фотосинтетической деятельности (0-0,0005 мг/л) и повышением летом, при усилении процессов бактериального разложения органических веществ (0,01 мг/л). В осенний период повышенное содержание аммония (0,01-0,02 мг/л) связано с продолжающимся распадом органического вещества в условиях слабого или полного отсутствия потребления его водными растениями.

Содержание фосфатов, как и других биогенных элементов, подвержено значительным природным колебаниям, поскольку оно зависит

от соотношения интенсивности процессов фотосинтеза и биохимического окисления органических веществ. Максимальные концентрации обычно наблюдались в предвесенний период (в среднем 0,067 мг/л), минимальные весной или летом (0,017 мг/л), в зависимости от природных условий конкретного года. В осенний период количество фосфатов, как правило, увеличивалось и составляло в среднем 0,024 мг/л (табл. 6).

Таблица 6

Статистические характеристики содержания фосфатов (мг/л) в Печаковской Салме в 2000-2004 гг.

Показатели	Зима	Весна	Лето	Осень
Среднее значение	0,067	0,027	0,017	0,024
Стандартное отклонение	0,058	0,028	0,009	0,010
Медиана	0,042	0,014	0,017	0,019
Максимальное значение	0,161	0,087	0,033	0,044
Минимальное значение	0,019	0,006	0,003	0,016
Количество наблюдений	8	8	14	10

Необходимо отметить большую вариабельность содержания в воде основных биогенных элементов (нитратов и фосфатов), особенно в весенний и летний периоды, что связано с жизнедеятельностью водных растений в зависимости от природных условий.

По нашим наблюдениям, значения первичной продукции (ПП) фитопланктона в Печаковской Салме могут варьировать в широком диапазоне. Это обусловлено межгодовыми изменениями факторов внешней среды (погодных условий, освещенности, количества биогенных элементов и т.д.). С увеличением солнечной радиации (в конце марта – начале апреля) начинается активная жизнедеятельность фитопланктона. Вспышка численности микроводорослей приурочена к моменту вскрытия льда, когда наблюдаются максимальные значения продуктивности. Тогда же отмечаются наибольшие величины насыщенности вод кислородом и быстрое уменьшение питательных веществ. В течение лета можно наблюдать несколько вспышек цветения фитопланктона. К осени продукционные процессы затухают в связи с выхолаживанием воды и уменьшением освещенности. Но еще в начале ноября можно зафиксировать небольшие величины ПП, сравнимые с предвесенними значениями. На рисунке 2 приведена динамика величин первичной продукции за 2000-2004 гг. Согласно проведенным исследованиям, ПП в апреле составляла 3,4 мгС/м^2/день, в мае изменялась от 50 до 300 мгС/м^2/день, в июле – от 10 до 150 мгС/м^2/день, в октябре – от 2 до 50 мгС/м^2/день. Необходимо отметить, что в районе Печаковской Салмы

велика продукция макрофитов, которая в десятки и сотни раз превышает продукцию фитопланктона.

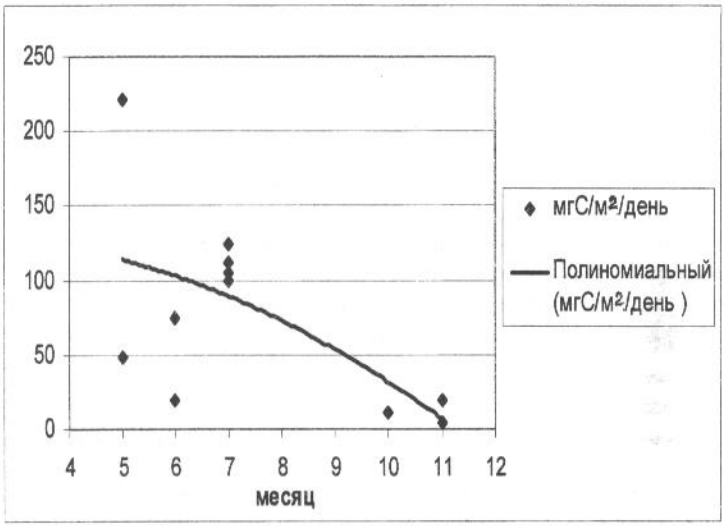


Рис. 2. Динамика первичной продукции в районе пролива Печаковская Салма в 2000-2004 гг.

Унская губа

Унская губа представляет собой глубоко вдающийся в сушу залив. Она мелководна, в нее впадает множество рек и ручьев. Все эти факторы и определяют неоднородность распределения во времени и пространстве всех гидрологических и гидрохимических характеристик губы. Интенсивное перемешивание вод в результате приливных явлений приводит к гомотермии почти на всей акватории губы. Водообмен с Двинским заливом и речной сток определяют и соленость, наибольшие величины которой отмечается в предвесенний период в среднем 25,5‰ (20,1-28,2‰). Весной соленость уменьшается за счет паводковых вод до средних значений 18,8‰ (16,2-21,1‰), летом немного повышается до значений 20,3‰ (16,0-24,0‰), осенью еще немного увеличивается – 22,2‰ (20-25‰), (табл. 7). В течение приливного цикла амплитуда колебаний солености может меняться в широких пределах - до 5-8‰.

Таблица 7

Статистические характеристики солености воды (‰) в Унской губе в 2000-2004 гг.

Показатели	Зима	Весна	Лето	Осень
Среднее значение	25,50	18,83	20,27	22,21
Стандартное отклонение	2,30	1,32	2,71	1,25
Медиана	26,60	19,15	20,26	21,80
Максимальное значение	28,20	21,10	23,99	24,80
Минимальное значение	20,10	16,20	16,00	20,20
Количество наблюдений	35	40	32	21

Особенности водообмена, значительная степень распреснения и небольшие глубины обуславливают термический режим губы: быстрый прогрев воды весной и такое же выхолаживание осенью. В летний период температура воды достигала довольно высоких значений – в среднем 16°С (табл. 8).

Таблица 8

Статистические характеристики температуры воды (°С) в Унской губе в 2000-2004 гг.

Показатели	Зима	Весна	Лето	Осень
Среднее значение	-0,96	6,39	16,08	0,76
Стандартное отклонение	0,67	1,95	1,61	0,85
Медиана	-1,20	5,75	16,15	0,80
Максимальное значение	1,40	11,00	19,20	2,00
Минимальное значение	-1,50	3,80	13,10	-1,10
Количество наблюдений	35	40	32	21

Насыщенность кислородом вод Унской губы в течение всего периода исследований была достаточно высокой. Минимальные значения наблюдались в предвесенний период в среднем 83% нас. Весной и летом, в период активного цветения микроводорослей она была максимальна (101-103%). Осенний период характеризовался недонасыщенностью вод кислородом, что говорит о расходовании его на окисление органического вещества (табл. 9).

Распределение $БПК_5$ по сезонам показывает его увеличение в осенний период, когда подвергается окислению нестойкое органическое вещество, образованное как в процессе жизнедеятельности водных растений, так и в результате антропогенного воздействия на акваторию (табл. 10).

Таблица 9

Статистические характеристики содержания кислорода в Унской губе в 2000-2004 гг.

Показатели	Зима	Весна	Лето	Осень
	Содержание кислорода, мгO₂/л			
Среднее значение	10,48	11,25	8,64	12,23
Стандартное отклонение	0,81	0,65	0,24	0,52
Медиана	10,65	11,38	8,66	12,15
Максимальное значение	11,84	12,37	9,10	13,32
Минимальное значение	7,84	10,06	7,75	11,48
Количество наблюдений	28	40	42	27
	Насыщенность кислородом, %			
Среднее значение	83	103	101	95
Стандартное отклонение	7	5	4	8
Медиана	83	103	101	97
Максимальное значение	101	120	110	107
Минимальное значение	62	96	94	81
Количество наблюдений	28	40	42	27

Таблица 10

Статистические характеристики БПК5 (мг/л) в Унской губе в 2000-2004 гг.

Показатели	Зима	Весна	Лето	Осень
Среднее значение	2,24	2,12	2,92	3,80
Стандартное отклонение	1,04	0,89	1,30	1,23
Медиана	1,94	1,85	2,48	3,97
Максимальное значение	4,73	5,28	5,24	6,66
Минимальное значение	0,66	0,99	0,99	1,55
Количество наблюдений	20	40	42	27

Как и в районе Соловецких островов, максимальные концентрации биогенных элементов, были обнаружены в конце зимнего периода. Содержание нитратов в среднем составляло 0,193 мг/л (табл. 11).

С наступлением весны количество их заметно уменьшалось (0,031 мг/л) в результате потребления водными растениями. В летне-осенний период концентрация минерального азота в среднем увеличивалась (0,053 мг/л), при этом отмечалась максимальная вариабельность (0-0,234 мг/л). Отсутствие солей азота даже в период интенсивного фотосинтеза фиксировалось крайне редко. Осенью нитраты

находились приблизительно на том же уровне, с небольшим приращением (0,060 мг/л).

Таблица 11

Статистические характеристики содержания солей азота (мг/л) в Унской губе в 2000-2004 гг.

Показатели	Зима	Весна	Лето	Осень
	Азот нитратов			
Среднее значение	0,193	0,031	0,053	0,060
Стандартное отклонение	0,060	0,015	0,076	0,013
Медиана	0,190	0,028	0,044	0,055
Максимальное значение	0,280	0,062	0,234	0,084
Минимальное значение	0,112	0,010	0,000	0,047
Количество наблюдений	8	8	8	6
	Азот нитритов			
Среднее значение	0,006	0,002	0,005	0,003
Стандартное отклонение	0,003	0,001	0,003	0,002
Медиана	0,005	0,003	0,003	0,002
Максимальное значение	0,010	0,004	0,012	0,006
Минимальное значение	0,003	0,000	0,002	0,001
Количество наблюдений	8	8	8	6

Динамика содержания нитритов не так однозначна. Нитриты – неустойчивые компоненты природных вод. При благоприятных для их окисления условиях, они встречаются в небольших количествах. Повышенное содержание нитритов указывает на усиление процессов разложения органики в условиях более медленного окисления нитритных ионов в нитратные, что говорит о загрязнении. Сравнительно высокие концентрации нитритного азота в зимний период объясняются, скорее всего, антропогенным влиянием на акваторию губы (см. табл. 11).

На антропогенное влияние указывает и динамика аммонийного азота, максимальные величины которого также были обнаружены в зимний период (0,005 мг/л). Весной и летом он находился в минимуме (0,0003-0,0015 мг/л), осенью концентрации его вновь несколько возрастали (0,0024 мг/л).

В целом сезонная динамика фосфатов повторяет динамику нитратов. Если в предвесенний период их количество в разные годы почти одинаковое, то весной количество фосфатов может быть как минимальным за год, так и близким к максимальному (табл. 12). Скорее всего, это связано со временем отбора проб. Летом, как правило, фосфор находился в минимуме. Осенью его количество увеличивалось.

Таблица 12

Статистические характеристики содержания фосфатов (мг/л) в Унской губе в 2000-2004 гг.

Показатели	Зима	Весна	Лето	Осень
Среднее значение	0,098	0,044	0,010	0,025
Стандартное отклонение	0,150	0,069	0,007	0,013
Медиана	0,019	0,018	0,011	0,027
Максимальное значение	0,340	0,212	0,022	0,038
Минимальное значение	0,012	0,006	0,001	0,007
Количество наблюдений	8	8	10	6

Продукционные процессы в губе тесно связаны с природными условиями конкретного года. В зависимости от времени наступления биологической весны, в мае продуцировалось от 60 до 120 мгС/м^2/день. В течение летнего периода синтезировалось до 100 мгС/м^2/день, осенью фотосинтетические процессы затухли, и продукция фитопланктона находилась в минимуме – около 20 мгС/м^2/день (рис. 3).

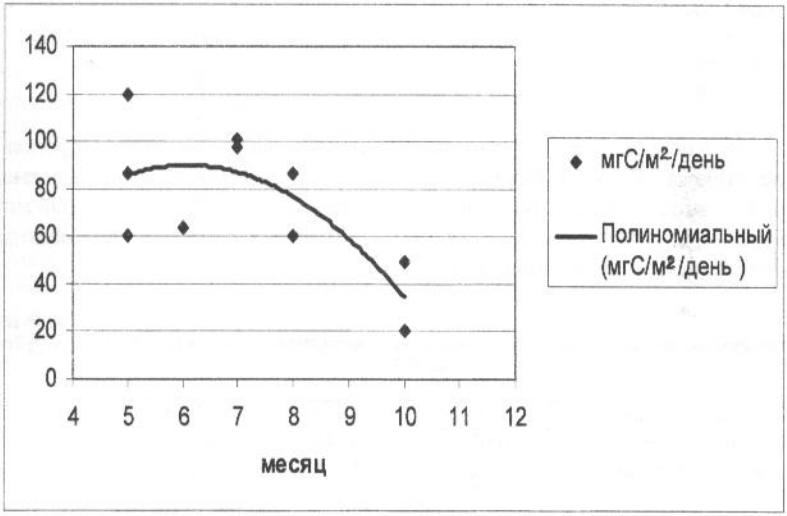


Рис. 3. Динамика первичной продукции в районе Унской губы в 2000-2004 гг.

Характеристика загрязнения вод исследованных районов

К одним из самых распространенных веществ, загрязняющих морскую среду, относятся нефтепродукты. Большие количества нефтеуглеводородов поступают в природные воды при перевозке нефти, со сточными водами промышленности, с хозяйственно-бытовыми сточными водами, а также в результате жизнедеятельности гидробионтов.

Как показали мониторинговые наблюдения, содержание нефтепродуктов в Печаковской Салме в течение всего периода исследований не превышало ПДК и составляло в среднем 0,009-0,026 мг/л в течение всего года (табл. 13).

Таблица 13

Статистические характеристики содержания нефтеуглеводородов (мг/л) в Печаковской Салме в 2000-2004 гг.

Показатели	Зима	Весна	Лето	Осень
Среднее значение	0,012	0,009	0,010	0,026
Стандартное отклонение	0,009	0,007	0,009	0,011
Медиана	0,010	0,007	0,010	0,029
Максимальное значение	0,025	0,028	0,040	0,046
Минимальное значение	0,002	0,001	0,000	0,001
Количество наблюдений	18	23	23	24

В Унской губе, у причала п.Пертоминска, нефтеуглеводородов в воде гораздо больше (в среднем около 0,040 мг/л) при значительной вариабельности в течение приливного цикла – от 0,021 до 0,098 мг/л. Нередки случаи превышения ПДК, что связано с техногенным воздействием на акваторию (табл. 14).

Таблица 14

Статистические характеристики содержания нефтеуглеводородов (мг/л) в Унской губе в 2000-2004 гг.

Показатели	Зима	Весна	Лето	Осень
Среднее значение	0,037	0,040	0,026	0,043
Стандартное отклонение	0,020	0,018	0,013	0,024
Медиана	0,036	0,038	0,021	0,039
Максимальное значение	0,080	0,080	0,051	0,098
Минимальное значение	0,005	0,012	0,007	0,011
Количество наблюдений	27	23	18	20

К числу наиболее распространенных загрязняющих веществ относятся и фенолы. Они поступают в природные воды со сточными водами нефтеперерабатывающих, лесохимических и других предприятий. В естественных условиях фенолы образуются при процессах метаболизма водных организмов, при биохимическом окислении и трансформации органических веществ, протекающих как в водной толще, так и в донных отложениях.

В проливе Печаковская Салма по данным наблюдений в 2000-2004 гг. содержание фенолов было незначительным (табл. 15). Происхождение их связано, скорее всего, с процессами жизнедеятельности водных растений.

Таблица 15

Статистические характеристики содержания фенолов (мг/л) в Печаковской Салме в 2000-2004 гг.

Показатели	Зима	Весна	Лето	Осень
Среднее значение	0,0001	0,0005	0,0004	0,0004
Стандартное отклонение	0,0002	0,0003	0,0003	0,0003
Медиана	0,0001	0,0006	0,0003	0,0005
Максимальное значение	0,0004	0,0006	0,0012	0,0007
Минимальное значение	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Количество наблюдений	8	8	14	6

В Унской губе, при небольших средних значениях содержания фенолов, зимой и весной наблюдались значения, превышающие ПДК, что указывает на техногенный источник их поступления в воду (табл. 16).

Таблица 16

Статистические характеристики содержания фенолов (мг/л) в Унской губе в 2000-2004 гг.

Показатели	Зима	Весна	Лето	Осень
Среднее значение	0,0008	0,0008	0,0007	0,0003
Стандартное отклонение	0,0008	0,0008	0,0003	0,0005
Медиана	0,0008	0,0008	0,0007	0,0000
Максимальное значение	0,0020	0,0023	0,0011	0,0013
Минимальное значение	0,0000	0,0000	0,0004	0,0000
Количество наблюдений	6	8	8	6

Одним из представителей фенольной группы является лигнин, образующийся при производстве целлюлозы и при гидролизе растительных материалов. В Печаковской Салме он обнаруживался сравнительно редко, в основном в летний период, что связано с природным его происхождением, и составлял от 0 до 1,2 мг/л. В Унской губе

количество его заметно выше. Он обнаруживался в течение всего периода исследований в количестве 0,51-1,35 мг/л.

В Печаковской Салме и в Унской губе диапазон изменчивости концентраций алюминия составил 0-0,03 мг/л. Максимальные значения концентраций фиксировались в летний период. Источником поступления могут быть как атмосферные осадки и сточные воды, так и растворение осадочных пород.

Таким образом, уровень загрязнения вод Печаковской Салмы по сравнению с Унской губой сравнительно низкий. В Унской губе при небольшом загрязнении фенолами и тяжелыми металлами довольно часто отмечалось повышенное содержание нефтеуглеводородов.

Заключение

Исследованные нами районы отличаются своим географическим положением, морфометрией, степенью близости к Бассейну, чем определяются их гидрологические и гидрохимические особенности, степенью антропогенного воздействия.

Общие закономерности, наблюдающиеся в сезонном изменении гидрохимических характеристик следующие.

1. Величина насыщения воды кислородом достигала наибольших значений весной и летом, наименьших – зимой.

2. Наибольшее количество основных форм биогенных элементов было обнаружено в конце зимы. В весенне-летний период количество биогенов уменьшалось, но полного их отсутствия даже в период интенсивного фотосинтеза не наблюдалось. Осенью их содержание в воде вновь увеличивалось.

3. По величине первичной продукции оба района можно отнести к мезоторофному типу – в среднем около 100 мгС/м^2/день (при значительной вариабельности по сезонам).

Несмотря на географическую близость районов, имеются и различия в распределении отдельных характеристик, что связано, в первую очередь, с техногенным воздействием на акваторию. Так максимальные значения БПК$_5$ наблюдалось в Печаковской Салме весной и осенью, в Унской губе – в конце лета – осенью. Уровень загрязнения вод Печаковской Салмы по-сравнению с Унской губой сравнительно низкий. В Унской губе при небольшом загрязнении фенолами и тяжелыми металлами довольно часто отмечалось повышенное содержание нефтеуглеводородов.