



## ВЫНОС БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ РЕКОЙ МЕДВЕЖЬЕЙ В БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Д.Н. Ласкина, студентка, [drlaskina@gmail.com](mailto:drlaskina@gmail.com)  
Н.Н. Цветкова, доцент, [nagornova@klgtu.ru](mailto:nagornova@klgtu.ru)  
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический  
университет»

В статье представлены результаты исследования гидрохимического состава вод р. Медвежьей, дренирующей северную часть Самбийского п-ова в Калининградской области. Дана характеристика содержания в воде газов, основных ионов, органических и биогенных веществ, рассчитан суточный и общий вынос минеральных форм азота и фосфора со стоком реки в Балтийское море в весенний период.

### *гидрохимический состав вод, вынос биогенных веществ, нагрузка*

Естественные водотоки Калининградской области являются не только важными элементами водоснабжения большинства населенных пунктов и транспортными путями, но и местами нереста и нагула многих ценных видов рыб. Население использует реки для рыболовства и отдыха. Важная роль принадлежит водотокам как элементам ландшафтов с уникальным набором фитоценозов и геологических особенностей территории. С другой стороны, со стоком рек и ручьев привносится определенная доля загрязняющих веществ в Балтийское море, особенно в его заливы.

В последние годы оценке поступления биогенных веществ и других загрязнений со стоком рек в Балтику стало уделяться всё больше и больше внимания [1-5]. Эвтрофирование входит в число самых острых экологических проблем Балтийского моря и является, в том числе, причиной функционального дисбаланса и деградации всей его экосистемы. Эвтрофирование происходит из-за чрезмерного поступления с территории водосборного бассейна азота, фосфора и других биогенных веществ [4].

Величина биогенной нагрузки позволяет определить и оценить количество биогенов, выносимых в море изучаемой рекой. Она измеряется в количестве вещества (кг или т), которое было привнесено в море (или другой водный объект) за определённый промежуток времени.

Состояние малых рек является основой формирования геоэкологической ситуации более крупных водотоков и водоёмов, непосредственно с ними связанных. Особенности малого водного объекта, такие как высокая изменчивость и динамичность, наличие постоянного стока, взаимосвязь с ландшафтами и подземными водами, сделали малые водотоки модельными объектами во многих научных изысканиях.

Территории речных водосборов очень разнообразны. Для каждой такой территории характерен свой комплекс антропогенных, природных и природно-антропогенных составляющих. Из-за нарушения баланса природно-антропогенных геосистем появились «проблемы малых рек» и необходимость их решения [3]. Эти проблемы проявляются в ухудшении состояния речных геосистем, причиной которого является нерациональное использование человеком территории водосбора.

Для Калининградской области характерна развитая речная сеть, состоящая более чем из 4,6 тыс. водотоков суммарной длиной 12,7 тыс. км. Реки области являются реками равнинного типа и принадлежат к бассейну Балтийского моря. Большинство рек относится к разряду малых, длиной от 10 до 50 км [6].

Территория Калининградской области по природным условиям выделена в отдельный гидрологический подрайон – ПБ – Калининградская низменность [7].

Для исследования была выбрана р. Медвежья (длина ее 10,0 км, площадь бассейна – 42 км<sup>2</sup>), так как она является типичным представителем малых речных систем на территории Калининградской области, впадает в Балтийское море, оказывая на него определенную нагрузку в результате выноса биогенных веществ.

Согласно данным физической карты Калининградской области [8], р. Медвежья расположена в пределах северной части Самбийской возвышенности. Рассматриваемый водоток принадлежит к бассейну рек побережья Балтийского моря.

Исследуемая территория по физико-географическому районированию [8] принадлежит к Прибалтийской прибрежно-морской подпровинции района Приморской холмисто-моренной гряды Самбийского блока. По административно-территориальному делению бассейн р. Медвежьей принадлежит к территории Зеленоградского района Калининградской области. Речная система расположена в пределах Самбийского озерного района [8].

Малым рекам свойственна существенная короткопериодная изменчивость [9], а гидрологический режим их может быть аazonален. Исключительную роль в формировании экологических особенностей малых рек играет комплекс природных и антропогенных факторов, складывающийся в пределах водосбора.

Исток р. Медвежьей находится на Самбийской конечно-моренной гряде, покрытой лесной растительностью на высоте 20 м над уровнем моря, на северной окраине пос. Озерово. Река течет в северо-западном направлении, местами в заболоченной долине, заросшей кустарниковой и луговой растительностью. В верхней части водосбора расположено множество пойменных водоёмов округло-вытянутой формы. Слева река принимает густую сеть мелиоративных каналов. В среднем течении р. Медвежья меняет направление на северо-восточное. Здесь пойма реки луговая, местами заболоченная, низкая, двусторонняя. На данном участке практически нет притоков, в реку здесь выведены небольшие каналы. Далее она огибает лесной массив Дубки, меняя направление на северо-западное, и ниже пересечения с автодорогой сливается с мелиоративным каналом. У южных окраин пос. Сокольники река резко меняет направление на северное и движется вдоль садовых участков. Здесь она искусственно спрямлена и соединена с довольно густой мелиоративной сетью. Несколько ниже по течению располагается железнодорожный мост. Ещё в 50 м ниже находится грунтовый переезд. Ширина русла здесь достигает 3 м и более, глубина – 1 м. Через трубу под авандюной река проходит к морю, а затем через немецкий дюкер течёт в русле, оформленном в искусственные стенки.

В р. Медвежью впадает большое количество довольно крупных притоков. Все основные притоки река принимает слева. Речная сеть осложнена мелиоративной системой, создающей густую сеть водотоков, что делает рисунок речной сети асимметричным. Дно реки илистое, в приустьевой части – песчано-гравийное.

Согласно данным геоморфологической карты [8], рельеф рассматриваемой территории достаточно разнообразен. Для верхнего течения характерен аккумулятивный и аккумулятивно-абразионный ледниковый холмистый рельеф, сформированный материалом основной и конечной морены. В средней части бассейна холмистый рельеф переходит в эрозионно-аккумулятивный. В низовьях р. Медвежьей развит морской и аллювиально-морской рельеф в виде плоских морских и аллювиально-морских равнин. Морской берег в районе устья р. Медвежьей абразионный.

В бассейне р. Медвежьей развиты в основном окультуренные легко- и среднесуглинистые дерново-слабоподзолистые оглеенные почвы. К лесным участкам приурочены бурые лесные ненасыщенные почвы. Растительность в основном представлена

сельскохозяйственными угодьями (пахотными землями и окультуренными лесами), и только в верховьях имеются участки, покрытые лесной широколиственной растительностью с незначительной примесью ели (лесной массив Дубки). Доля сельхозугодий достигает 70-80% на большей части водосбора [8]. По данным мелиоративной карты [8], вся территория бассейна р. Медвежьей осушается закрытым дренажем и комбинированной сетью.

Расход воды в период летней и зимней межени составляет тысячные доли кубометра в секунду. Возможно также отсутствие течения вследствие пониженной водности и подпорных явлений со стороны моря. Расходы воды существенно возрастают в период весеннего половодья и осенью во время паводков – до 0,03-0,07 м<sup>3</sup>/с. Годовой объем стока невелик – менее 0,01 км<sup>3</sup> [10].

Медвежья по водному режиму относится к типу равнинных приморских рек и характеризуется высоким половодьем, относительно низкой летней и зимней меженью с периодическими паводками. Тип водного питания у реки смешанный [7]. Процент типов питания от годового стока распределяется следующим образом: дождевое – 37-48 %; снеговое (весенний сток) – 26-37 %, грунтовое – 16-37% [7].

Река Медвежья расположена в I зоне мутности (среднегодовая мутность – менее 25 г/м<sup>3</sup>) [7]. В связи с небольшим уклоном речных бассейнов и задернованностью почвы луговыми травами эрозионная деятельность текущих вод проявляется слабо.

Гидрологические работы на р. Медвежьей проводятся ежемесячно на стандартных станциях (рис. 1). В качестве приустьевых выбран створ, расположенный у железнодорожного моста, так как на состав вод, отобранных ниже по течению, большое влияние может оказывать море вследствие незначительного подпора.

При полевых исследованиях проводились гидрометрические и гидрологические работы; описывались условия в местах отбора проб согласно рекомендациям, изложенным в [11]. Температура воды определялась ртутным термометром, рН – индикаторными полосками. Скорость течения фиксировалась при помощи поплавков. Переход от фиктивного расхода к истинному производился с учетом рекомендаций, представленных в [12].

Пробы воды для гидрохимического анализа отбирались в стрелке или на расстоянии около 2 м от берега в пластиковые бутылки. Анализ отобранных проб осуществлялся в гидрохимической лаборатории КГТУ по общепринятым методикам [11, 13]. Гидрохимический анализ проб выполнялся в течение суток после отбора.

Для характеристики минерализации и определения класса, группы, типа вод, а также количества органических веществ приняты градации по классификации О. А. Алекина [14].

Поскольку наблюдения проводились в течение одного дня, для увеличения достоверности полученных сведений нами рассчитывался суточный вынос биогенных веществ. Расчет суточного выноса биогенных веществ в море со стоком р. Медвежьей производился по формуле (1):

$$G_{сут.} = WC \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

где  $G_{сут.}$  – количество перенесенного вещества за расчетный период, кг/сут;

$W$  – суточный объем стока воды, м<sup>3</sup>;

$C$  – средняя концентрация вещества, г/м<sup>3</sup>.

Так как в весенний период река характеризуется максимальной водностью (табл. 1), то для расчета выноса биогенных веществ был выбран именно период весеннего половодья.

Нагрузка от р. Медвежьей и перенос биогенных веществ через створ за весь период исследований (с 01.03.19 г. по 31.05.19 г.), позволяющие в какой-то мере оценить общий объем выноса биогенных веществ в Балтийское море весной, рассчитаны в соответствии с рекомендациями ХЕЛКОМ [15] по формуле (2):

$$L = \sum_{i=1}^n C_{ai} W_{ai} \cdot 10^{-6}, \quad (2)$$

где  $L$  – нагрузка от реки за расчетный период, т;  
 $C_{ai}$  – среднеарифметическая концентрация вещества в двух последовательных пробах, г/м<sup>3</sup>;  
 $W_{ai}$  – объем стока за период между отбором двух последовательных проб, м<sup>3</sup>;  
 $n$  – количество измерений.

Результаты исследований, проведенные в весенний период 2019 г. (в период половодья), показали следующее (рис. 2, табл. 1-4).

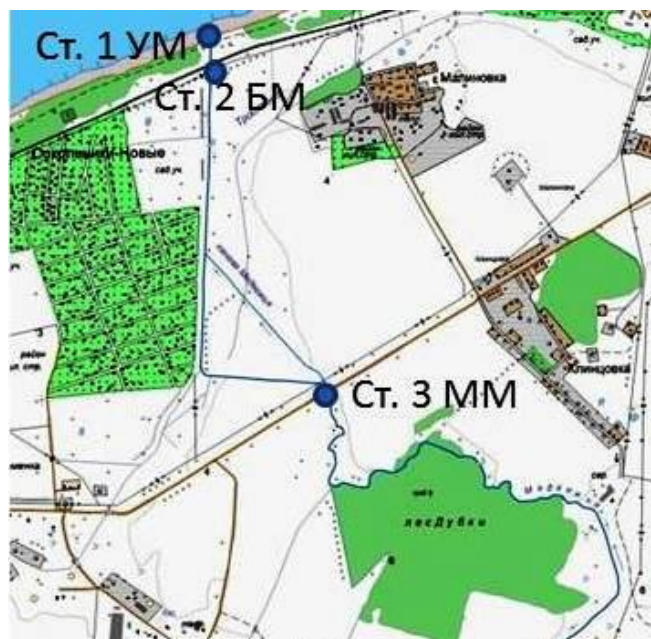


Рисунок 1 – Расположение гидрологических створов на р. Медвежьей

Таблица 1 – Гидрометрические параметры р. Медвежьей в весенний период 2019 г.

Параметр	Ст. 2 (БМ)			Ст. 3 (ММ)		
	март	апрель	май	март	апрель	май
Расход воды, м <sup>3</sup> /с	0,138	0,011	0,058	0,083	0,115	0,010
Максимальная скорость течения, м/с	0,24	0,02	0,15	0,26	0,36	0,07
Средняя глубина, м	0,26	0,25	0,18	0,22	0,23	0,15
Максимальная глубина, м	0,50	0,51	0,35	0,45	0,46	0,30
Средняя ширина канала, м	3,6	3,5	3,4	2,2	2,2	1,5
Площадь водного сечения, м <sup>2</sup>	0,90	0,89	0,60	0,50	0,50	0,23
Суточный объем стока, м <sup>3</sup>	11923	950	5011	7171	9936	846

Общая минерализация вод в реке изменялась от 571,7 до 649,4 мг/дм<sup>3</sup> и, согласно классификации природных вод, предложенной О.А. Алекиным [14], попадала в класс «повышенная». Воды – гидрокарбонатно-кальциевые первого типа, умеренно-жесткие (рис. 2).

Кислородные условия в весенний период в реке в целом благоприятные, хотя нельзя не отметить общий сниженный кислородный фон – относительное содержание O<sub>2</sub> в воде изменялось от 55 до 88 %. рН воды сдвинут в щелочную сторону (табл. 2).

Содержание легкоокисляемых органических веществ, оцениваемых по величине перманганатной окисляемости, в целом увеличивается с марта по май, что объясняется

естественными причинами образования и распада органического вещества в воде. Содержание органических веществ возрастает вниз по течению и, вероятно, определяется влиянием стоков от пос. Сокольники. Величина перманганатной окисляемости попадает в класс «малая» в марте, «средняя» – в мае, а на ст. ниже пос. Сокольники (ст. 2) в мае – «повышенная».

Биогенных веществ обнаружено много. При этом концентрация соединений азота и фосфатов увеличивалась вниз по течению от ст. 3 к ст. 2, а затем понижалась от ст. 2 к ст. 1. Это свидетельствует о загрязнении реки в пос. Сокольники. Исключение отмечено в мае, когда содержание азота аммонийного и фосфора фосфатов при движении от ст. 2 к ст. 1 увеличивалось, что, вероятно, определялось не только антропогенным загрязнением, но и влиянием подземных вод – в этот же период на ст. 2 и ст. 1 отмечены максимальные концентрации всех форм железа. Концентрация всех форм железа была высокой и возрастала на всех станциях от марта к маю. Это говорит об увеличении в питании реки доли подземных вод, отличающихся избыточным количеством данного элемента, в конце весны.

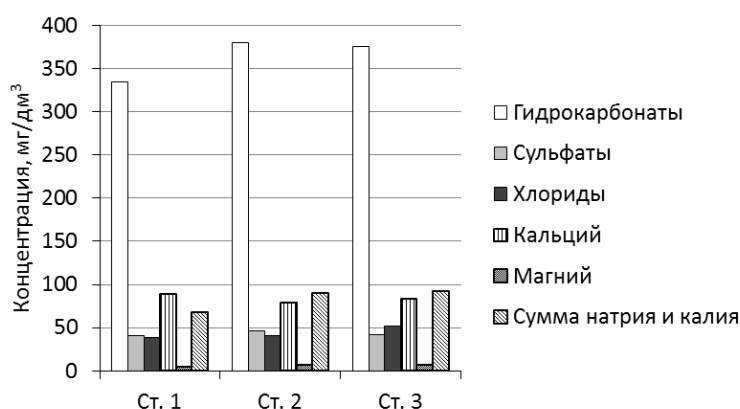


Рисунок 2 – Содержание минеральных веществ в р. Медвежьей в весенний период 2019 г.

Таблица 2 – Газовые условия, биогенные и органические вещества в р. Медвежьей в весенний период 2019 г.

Параметр	Станция 1 (УМ)			Станция 2 (БМ)			Станция 3 (ММ)		
	март	апрель	май	март	апрель	май	март	апрель	май
Температура воды, °С	3,2	10,1	10,9	3,5	10,3	11,0	3,2	10,2	11,2
рН	7,5	7,5	7,0	7,5	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Кислород, мг/дм <sup>3</sup>	9,71	10,1	8,86	9,62	9,22	7,98	7,25	7,48	7,50
Кислород, %	73	88	78	73	81	71	55	64	67
Перманганатная окисляемость, мгО/дм <sup>3</sup>	-	-	10,81	4,15	-	11,72	3,45	-	8,55
Азот нитритов, мгN/дм <sup>3</sup>	0,003	0,004	0,022	0,004	0,008	0,027	0,008	0,007	0,004
Азот аммонийный, мгN/дм <sup>3</sup>	0,263	0,280	0,835	0,250	0,210	0,515	0,041	0,064	0,300
Фосфаты, мгP/дм <sup>3</sup>	0,029	0,056	0,065	0,043	0,051	0,057	0,025	0,038	0,033
Железо окисное, мг/дм <sup>3</sup>	0,29	0,25	0,52	0,26	0,26	0,49	0,12	0,13	0,40
Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>	0,35	0,40	0,58	0,31	0,31	0,62	0,19	0,16	0,45
Железо закисное, мг/дм <sup>3</sup>	0,06	0,15	0,06	0,05	0,05	0,13	0,07	0,03	0,05

Таблица 3 – Суточный вынос биогенных веществ в Балтийское море весной 2019 г., кг

Вещество	Станция 2 (БМ)			Станция 3 (ММ)		
	март	апрель	май	март	апрель	май
Азот аммонийный, кг	2,98	0,2	2,58	0,29	0,64	0,25
Азот нитритный, кг	0,05	0,01	0,14	0,06	0,07	0,00
Фосфор фосфатов, кг	0,51	0,05	0,29	0,18	0,38	0,03

Таблица 4 – Вынос биогенных веществ в Балтийское море в весенний период 2019 г., т

Станция 2 (БМ)			Станция 3 (ММ)		
Азот аммонийный	Азот нитритный	Фосфор фосфатов	Азот аммонийный	Азот нитритный	Фосфор фосфатов
0,118	0,004	0,022	0,063	0,004	0,022

Расчеты суточного выноса биогенных веществ р. Медвежьей (табл. 3) показали, что она выносит в целом незначительное количество биогенных веществ, которое увеличивается с повышением водности реки и при движении к устьевой части.

Вынос биогенных веществ со стоком р. Медвежьей в весенний период (табл. 4) показал, что больше всего река выносит азота аммонийного и фосфора фосфатов.

Таким образом, полученные результаты показали, что нагрузка от реки, находится в прямой зависимости от среднего расхода воды, что вполне согласуется с данными, представленными в [1, 2, 5]. Нагрузка от р. Медвежьей на Балтийское море пропорциональна водности и может увеличиваться или уменьшаться в зависимости от фазы водного режима. Кроме того, на количество выносимых со стоком реки биогенных веществ существенное влияние может оказывать пос. Сокольники, стоки от которого способствуют повышению в реке концентраций органических и биогенных веществ, способствуя увеличению загрязненности р. Медвежьей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вклад малых рек в загрязнение прибрежной зоны Балтийского моря / Т. А. Берникова [и др.] // XXI Междунар. науч. конф. (7-10 сент.): материалы. – Калининград, 2004. – С. 208-209.
2. Изучение нагрузки на Балтийское море, Вислинский (Калининградский) и Куршский заливы от малых рек Калининградской области / Т. А. Берникова [и др.] // История океанографии: VII Междунар. конгресс по истории океанографии (8-12 сент.): материалы: в 2-х ч. – Калининград: Изд-во КГУ, 2004. – Ч. 2. – С. 396-401.
3. Берникова, Т. А. Малые реки Калининградской области: проблемы и возможные пути их решения / Т. А. Берникова, Н. А. Цупикова // Комплексное изучение бассейна Атлантического океана: сб. науч. тр. / под ред. В. В. Орленка. – Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2006. – С. 50-57.
4. Горбунова, Ю. А. Поступление биогенных веществ с водосборного бассейна реки Преголи в Вислинский залив / О. В. Горбунова // Вестник РГУ им. И. Канта. – 2010. – №. 1. – С. 87-93.
5. Геоэкологические аспекты переноса биогенных веществ трансграничными реками (на примере Калининградской области) / С. В. Шibaев [и др.] // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2011. – № 22. – С. 133-141.
6. Государственный доклад «Об экологической обстановке в Калининградской области в 2017 году». [Электронный ресурс]. – URL: <https://minprirody.gov39.ru/upload/iblock/f48/%D0%B3%D0%BE%D1%81%D1%83%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%202017%20%D0%9C%D0%9> HYPERLINK

F%D0%A0%20%D0%9A%D0%9E.pdf"%B4%202017%20%D0%9C%D0%9F%D0%A0%20%D0%9A%D0%9E.pdf (дата обращения 06.11.2019 г.).

7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Литовская ССР и Калининградская область РСФСР / под ред. В. Е. Водограецкого. – Т. 4, вып. 3. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1969. – 506 с.

8. Географический атлас Калининградской области / под ред. В. В. Орленка. – Калининград: Изд-во КГУ: ЦНИТ, 2002. – 276 с.

9. Нагорнова, Н. Н. Некоторые факторы формирования короткопериодной изменчивости состояния малых аквальных экосистем (на примере Калининградской области) / Н. Н. Нагорнова, Т. А. Берникова // Вестник Российского университета дружбы народов. – 2010. – № 1. – С. 30-38.

10. Bernikova T., Nagornova N., Tsoupiakova N., Shibaev S. Environmental Features of Watercourses in the Kaliningrad Region. In: The Handbook of Environmental Chemistry. Springer, Berlin, Heidelberg [Электронный ресурс]. URL [https://doi.org/10.1007/698\\_2017\\_108](https://doi.org/10.1007/698_2017_108) (дата обращения: 28.11.2019).

11. Гидрология. Лабораторный практикум и учебная практика / Т. А. Берникова [и др.]. – Москва: Колос, 2008. – 303 с.

12. Методические рекомендации по измерению расходов воды рек аэрометодами. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. – 134 с.

13. Привезенцев, Ю. А. Гидрохимия пресных водоемов (практическое пособие для рыбоводов) / Ю. А. Привезенцев. – Москва: Пищевая промышленность, 1973. – 118 с.

14. Алекин, О. А. Основы гидрохимии / О. А. Алекин. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1970. – 443 с.

15. Сборник рекомендаций Хельсинской комиссии: справочно-методическое пособие. – Санкт-Петербург, 2008. – 331 с.

## REMOVAL OF BIOGENIC SUBSTANCES BY THE MEDVEZH'YA RIVER IN THE BALTIC SEA IN SPRING PERIOD

D.N. Laskina, student, [drlaskina@gmail.com](mailto:drlaskina@gmail.com)  
N.N. Tsvetkova, Associate Professor, [nagornova@klgtu.ru](mailto:nagornova@klgtu.ru)  
Kaliningrad State Technical University»

The article presents the results of a study of the hydrochemical composition of the waters of the Medvezhya River, which drains the northern part of the Sambian Peninsula in the Kaliningrad Region. The characteristic of water content of gases, basic ions, organic and biogenic substances in water is given, the daily removal of mineral forms of nitrogen and phosphorus with river runoff into the Baltic Sea in spring is calculated.

*hydrochemical composition of waters, removal of nutrients, load*