

---

## НЕКОТОРЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОРОТКОПЕРИОДНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ АКВАЛЬНЫХ ЭКОСИСТЕМ (на примере Калининградской области)

Н.Н. Нагорнова, Т.А. Берникова

ФГОУ ВПО Калининградский государственный технический университет  
Советский пр., 1, Калининград, Россия, 236001

В статье рассматривается влияние различных факторов на короткопериодную изменчивость некоторых параметров гидролого-экологического состояния водных объектов.

**Ключевые слова:** гидрология, загрязнение, изменчивость, экосистема, водный объект.

Калининградская область расположена на западной окраине Русской равнины. Геолого-геоморфологические и климатические условия Калининградской области способствуют высокой обеспеченности ее территории водными ресурсами. Здесь насчитывается около 4,5 тыс. озер общей площадью 6,7 км<sup>2</sup>, примерно треть этой площади приходится на долю Виштынецкого озера, расположенного на крайнем юго-востоке области. Общее количество рек в области — более 4,6 тыс., их длина — более 12 тыс. км. Густота речной сети достигает 0,96 км/км<sup>2</sup>. Около 40% территории области занимает бассейн р. Преголи с суббассейнами образующих ее в результате слияния рек Анграпы и Инструча и нескольких ее наиболее крупных притоков. Средние модули стока подавляющего числа рек изменяются в пределах 5—7 лс<sup>-1</sup>км<sup>-2</sup>. Водность малых речек, впадающих в Балтийское море, в меженный период оценивается модулем менее 1 лс<sup>-1</sup>км<sup>-2</sup> [1]. Практически вся территория области тем или иным образом осушается. Приустьевые участки большинства рек, впадающих в Куршский и Калининградский (Вислинский) заливы, регулируются польдерными системами. Реки, за исключением Немана, имеют смешанное питание. Соотношение между отдельными источниками питания (в процентах от годового стока) оценивается следующим образом: дождевое 37—48; снеговое (весенний сток) 26—37; грунтовое 16—37. Большинство водотоков Калининградской области — это малые реки (площадь бассейна не более 2000 км<sup>2</sup>, длина от 10 до 25—50 км), бассейны которых находятся под большим влиянием местных факторов.

Проводимые нами многолетние экологические исследования малых водоемов и водотоков позволили не только обнаружить существенные кратковременные изменения гидрологических характеристик, но и осмыслить их роль в комплексной оценке состояния водных экосистем [2; 3].

Изучение влияния *погодных условий* позволило выявить значительные, но быстрые и кратковременные изменения гидрологических параметров малых рек. Об этом с наглядностью свидетельствуют, в частности, наблюдения на р. Зе-

леноградке. Река вытекает из небольшого озера и впадает в Куршский залив. Длина водотока 12 км. Река течет в глубокой долине, русло извилистое. Имеет сравнительно негустую гидрографическую сеть. Уровень реки — в подпоре от залива. В составе зоопланктона отмечено 37 видов. Организмы зоопланктона в своей массе принадлежат к 0-β- и β-мезосапробам [4]. В составе зообентоса обнаружено 67 видов [4]. Наиболее распространены среди них хирономиды разных видов, ракообразные и олигохеты, основу биомассы составляют моллюски. Река относится к первой рыбохозяйственной категории. Ихтиофауна реки изучена слабо. Из залива в предустьевую часть могут заходить такие виды, как кумжа, густера, елец и др. [5].

Одним из существенных факторов, изменяющих гидрометрические параметры р. Зеленоградки, является ветер. Например, расходы в створе, где начинается влияние подпора от залива, обычно весьма незначительные (0,02—0,06 м<sup>3</sup>/с) или нулевые (июнь; август), в октябре, при сильном ветре по течению, они возрастают на порядок (до 0,27 м<sup>3</sup>/с). При этом, судя по береговым отметкам, уровень реки оказывается только на 0,6—0,7 м ниже максимального за год [3]. О том, что столь резкое увеличение расхода вызвано преимущественно сгонным ветром, можно судить по величине расходов, определенных в истоке реки, которые в сентябре и октябре не различались (0,07 м<sup>3</sup>/с).

Еще одним фактором, формирующим короткопериодную изменчивость, могут оказаться атмосферные осадки, о чем свидетельствуют наблюдения в реперном створе, расположенном в среднем течении реки после жаркой и сухой погоды 6 июня и после дождливой с ливнями 14 и 20 июня. Расходы в течение первой недели увеличились почти в 2 раза, а затем еще на 0,04 м<sup>3</sup>/с). Примерно так же возросла глубина, в 1,5 раза выросла ширина между урезами.

Атмосферные осадки оказывают заметное влияние не только на гидрометрические параметры, но и на гидрохимические особенности водотока. Интересные результаты были получены при выполнении суточной станции в системе «река Писса (створ 1, находящийся примерно в 80 м от ее истока) — озеро Виштынецкое (станция 11, расположенная у истока р. Писсы)». Длина р. Писсы 98 км. В верхнем течении русло реки узкое, проложено среди гряд моренных холмов. В среднем и нижнем течении река течет по плоской слабо расчлененной равнине, местами заболоченной. Глубина реки в среднем 0,5—0,6 м, в районах запруд 1,5—1,8 м; на перекатах 0,2—0,3 м. Ширина реки 5—6 м, на отдельных участках 13—15 м. Река принимает около 15 притоков, она зарегулирована. Зоопланктон развит слабо. По численности преобладают коловратки, обнаружен также реликтовый рачок *Heterosore appendiculata* [4]. В составе зообентоса обнаружен 61 вид организмов. Для реки характерно преобладание в сумме литофильных организмов, которые составляют до 50% относительной численности [4]. Река относится к первой рыбохозяйственной категории. Здесь встречаются такие виды, как плотва, красноперка, щука, обыкновенный подкаменщик. В верховьях встречается быстрянка, распространен усач. В нижнем течении может встречаться речной угорь. В бас-

сейне реки (в левом ее притоке — р. Красной, имеющей статус памятника природы) обитает единственная в Калининградской области популяция европейского хариуса [5].

Погодные условия при выполнении гидрологических работ в 2007 г. существенно изменялись. Накануне съемки, 30 июля, похолодало до 19 °С, весь день выпадали дожди, утром был ливень. Работы 31 июля велись при северо-западном порывистом ветре и ливневом дожде. Температура воздуха не превышала 17 °С. Утром 1 августа погода, наоборот, была ясная, солнечная, безветренная. Утром 1 августа в озере (станция 11) отмечено минимальное в течение суток содержание органических веществ, почти в 2 раза меньше, чем утром 31 июля (величина перманганатной окисляемости составила 3,38 и 6,66 мгО/дм<sup>3</sup> соответственно). Как известно, в ясную погоду фотосинтез более интенсивен, следовательно, должно продуцироваться большее количество органического вещества. Обратный ход рассматриваемой характеристики можно объяснить, с одной стороны, более высокой в сухой день долей грунтового питания, с другой поступлением органического вещества вместе с почвой, смываемой с берега во время дождя. Отразилась смена погодных условий и на распределении железа. Ясным утром 1 августа (при обычном для реки соотношении доли поверхностных и грунтовых вод) наблюдалось естественное распределение железа: в водах реки его содержалось в 4 раза больше, чем в водах озера (0,04 и 0,01 мгFe/дм<sup>3</sup> соответственно). Во время дождей 31 июля за счет увеличения доли поверхностного питания концентрация железа в реке сократилась до 0,01 мгFe/дм<sup>3</sup> и оказалась в 2 раза меньше, чем в озере (0,02 мгFe/дм<sup>3</sup>). Аналогичным образом изменилась и концентрация хлоридов: в реке после выпавшего дождя их стало меньше, чем в озере (6,79 и 7,18 мг/дм<sup>3</sup> соответственно). Более высокое содержание названных элементов в озере, по сравнению с рекой, может быть связано с загрязнением. В районе станции 11 на берегу озера расположено рыбообрабатывающее предприятие (других источников железа и хлоридов на этом отрезке нет).

Важное экологическое значение в функционировании водных экосистем имеет *освещенность*. Солнечная радиация, попадающая на поверхность водоема и проникающая в толщу воды, оказывает большое влияние на активность фотосинтеза, т.е. в конечном итоге контролирует биологическую продуктивность водоемов. С другой стороны, целый ряд гидрохимических показателей теснейшим образом связан (или взаимосвязан) с процессами фотосинтеза. Рассмотрим сказанное на примере упоминавшейся выше р. Зеленоградки. Наблюдения проводились в безветренный солнечный день в реперном створе. В 10—11 ч отобраны две пробы воды. Одна из них (станция 3) взята под раскидистой ольхой с хорошо развитой кроной в постоянно затененном месте, другая — в 2—3 м ниже по течению, на хорошо освещенном участке (станция 3а). Морфометрические и гидрометрические условия станций были одинаковы. Температура воды составила соответственно 16,6 и 17,0 °С. Полученные гидрохимические характеристики, величина которых тесно связана с фотосинтезом, приведены в табл. 1 [2].

Некоторые гидрохимические показатели р. Зеленоградки в реперном створе 20 июня 1995 г.

Место отбора проб воды	Кислород		Окисляемость перманганатная, мгО/дм <sup>3</sup>	Фосфор фосфатов, мгР/дм <sup>3</sup>	Азот нитритов, мгN/дм <sup>3</sup>
	мг/дм <sup>3</sup>	%			
В тени	8,98	98	17,89	0,044	Следы
На солнце	8,33	87	17,70	0,096	0,105

Приведенные данные показывают, что на ярко освещенной станции, по сравнению со станцией в тени, наблюдается меньшая концентрация кислорода, более низкая окисляемость воды, но зато резко увеличено содержание биогенных элементов. Учитывая идентичность прочих условий в рассматриваемых точках, можно с уверенностью говорить о снижении интенсивности фотосинтеза под воздействием прямых солнечных лучей.

**Антропогенное воздействие** на водотоки многообразно. Малые водные объекты в этом плане особенно уязвимы. Антропогенное загрязнение может значительно менять основные гидрохимические параметры, причем это влияние может произойти в короткие сроки — иногда до получаса и менее. Об этом свидетельствуют результаты наших исследований, проводимых в разные периоды, в частности, на р. Прохладной, которая берет начало в болотном массиве. Бассейн р. Прохладной занимает обширную площадь на юго-западе области. Длина реки 77 км, площадь водосбора — 1170 км<sup>2</sup>. Принимает ряд притоков, в том числе, р. Корневку. В составе зоопланктона обнаружено сравнительно небольшое число видов — 20 (ветвистоусые — 11, коловратки — 1, веслоногие — 8 видов). Зоопланктон в бассейне реки дрейфового типа. В зообентосе найдено наибольшее число видов, по сравнению со всеми ранее исследованными малыми реками области — 88 [4]. Наибольшую часть численности бентоса составляют хирономиды разных видов, ракообразные, паденки и олигохеты, а основу биомассы — моллюски. Это река высшей рыбохозяйственной категории. Здесь встречаются форель ручьевая, кумжа, голянь, щука и др. На нерест заходит атлантический лосось [5].

Гидрологические работы на р. Прохладной ведутся более 10 лет. При работе в замыкающем створе, расположенном приблизительно в 50 м ниже впадения в нее р. Корневки, 13 июня 2007 г. в течение 0,5 ч уровень воды поднялся на 5—7 см, глубина изменилась с 0,36 до 0,43 м, а температура воды возросла с 19,8 до 21,8 °С. При этом от устья впадающей реки распространялся широкий поток мутной воды. Мутный поток из р. Корневки был зафиксирован и во время съемки в июле 2009 г. Гидрохимический анализ показал, что воды р. Корневки, по сравнению с водами р. Прохладной, содержат значительно больше органических веществ; несколько повышено в них содержание биогенных веществ, а количество общего железа превышает его концентрацию в р. Прохладной более чем в два раза. Анализ результатов позволяет утверждать, что в р. Корневку, а через нее и в Прохладную периодически осуществляются залповые сбросы сточных вод.

Интересные данные были получены при исследовании р. Нельмы в 1999 г. [6]. Река протекает в генеральном направлении с севера на юг и впадает в Примор-

скую бухту Калининградского залива. Речная сеть в бассейне Нельмы хорошо развита. Длина реки 25—30 км, длина водораздела 70 км, площадь бассейна 170 км<sup>2</sup>. Истоком Нельмы является небольшой родник. Река протекает через небольшой осушенный болотный массив и мелкие озера. В зоопланктоне реки отмечено всего 5 видов. Структура отсутствует. Зоопланктон имеет дрейфовый характер. Найденные виды относятся к 0-β-, β-мезосапробам. В составе зообентоса реки обнаружено всего 29 видов. [4]. Наибольшую часть численности бентоса составляют хирономиды разных видов, ручейники, ракообразные и поденки, а основу биомассы — моллюски и ручейники. Река относится к первой рыбохозяйственной категории. В устьевом участке встречается молодь большинства видов рыб, характерных для Калининградского залива. Река является семужной [5]. На расстоянии одного метра выше замыкающего створа в дно реки вертикально выведена труба (с поверхности не видна), через которую, как оказалось, периодически сбрасываются плохо очищенные сточные воды от очистных сооружений расположенного поблизости поселка. Один из таких сбросов и был зафиксирован нами 10 августа в 10 ч. Измерения проводились до и сразу же после сброса (табл. 2). При сбросе сточных вод вода в реке стала серого цвета, появился отчетливый запах канализации.

Полученные данные показывают, что в результате сброса сточных вод все гидрометрические и гидрохимические параметры, свидетельствующие о загрязнении, за очень короткое время (в течение получаса-часа) значительно изменились. Стоит отметить, что река находится в подпоре от залива (Приморской бухты). Весной и осенью в периоды повышенной водности отводящая система очистных сооружений в районе поселка из-за возросшего подпора от реки не справляется со сбросом стоков. Неочищенные сточные воды широко растекаются по заболоченной низменной долине и пойме, заражая почву и воздух. Запах сероводорода в такие периоды можно почувствовать издалека.

Таблица 2

**Изменение концентрации растворенных веществ и расхода воды в р. Нельме после сброса сточных вод, август 1999 г**

Параметры	До сброса	После сброса
Расход воды, м <sup>3</sup> /с	0,22	0,30
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	6,3	23,8
Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	329,6	374,1
Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	340,4	421,8
СО <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	2,18	7,19
О <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup> (%)	7,42 (73%)	6,74 (67%)
N-NH <sup>4+</sup> , мгN/дм <sup>3</sup>	0,132	1,590
N-NO <sup>2-</sup> , мгN/дм <sup>3</sup>	0,008	0,133
N-NO <sup>3-</sup> , мгN/дм <sup>3</sup>	1,373	1,626
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мгP/дм <sup>3</sup>	0,068	0,072
Feобщ, мгFe/дм <sup>3</sup>	0,177	0,416
Перманганатная окисляемость, мгО/дм <sup>3</sup>	9,83 (средняя)	14,94 (повышенная)
ХПК, мгО/дм <sup>3</sup>	22,18	40,65
БПК <sub>7</sub> , мгО/дм <sup>3</sup>	6,70	21,0

Наблюдения еще на одной реке — Большой Морянке позволили нам обнаружить влияние дренажных, коммунально-бытовых и сточных вод молокозавода. Река берет начало в небольших прудах, течет в генеральном направлении на север и впадает в Куршский залив (к востоку от р. Зеленоградки). Река протекает в хорошо выработанной долине, имеет густую гидрографическую сеть. Длина реки 20,5 км. В составе зоопланктона реки отмечено 18 видов (коловратки — 6 видов, ветвистоусые — 4, веслоногие — 8). Сообщества его временные. Все отмеченные в зоопланктоне виды принадлежат к 0-β, β-мезосапробам, а также β-α-мезосапробам. В составе зообентоса отмечено 43 вида. [4]. Наибольшую часть численности бентоса составляют хирономиды разных видов, ракообразные и олигохеты, а основу биомассы — ракообразные, ручейники и олигохеты. Река принадлежит ко второй рыбохозяйственной категории. Ихтиофауна реки изучена слабо. Из залива в предустьевую часть могут заходить такие виды как кумжа, густера, елец и др. [5]. В среднем течении (в районе пос. Лазовское) в реку выведено несколько дренажных труб, по которым периодически поступают дренажные воды, и стекает поверхностный ручей от свиного комплекса. Пробы воды отбирались ниже поселка, но выше (станция 3) и ниже (станция 3а) впадения ручья от свиного комплекса. В нижнем течении река протекает еще через один поселок (пос. Некрасово). В этом месте в нее впадает канава, по которой осуществляется сброс производственных вод от молокозавода. Эта канава обычно несет воду темно-серого цвета с отчетливым гнилостным запахом. Дно канавы и реки в этом месте покрыто черным илом. Пробы воды отбирались в месте впадения выше (станция 2) и ниже (станция 2а) устья канавы. Анализ полученных данных выявил следующее. Расходы воды на станциях 3—3а и 2а находятся под большим влиянием сброса хозяйственно-бытовых вод. Например, 17 июля расход реки ниже устья канавы (0,09 м<sup>3</sup>/с) почти в 2 раза превышал этот показатель (0,05 м<sup>3</sup>/с) в створе, расположенном выше (станция 2). В особенно маловодные периоды сток всей реки в значительной степени поддерживается стоком хозяйственно-бытовых вод. Так, в августе при сухом русле в истоке расход реки в среднем течении (станция 3) составил 0,006 м<sup>3</sup>/с, тогда как ниже дренажных труб и ручья от свиного комплекса (станция 3а) он оказался существенно более высоким — 0,03 м<sup>3</sup>/с. Об антропогенном происхождении этого объема свидетельствует тот факт, что расход реки ниже по течению (станция 2а) оказался меньше — 0,02 м<sup>3</sup>/с. Река на этом участке (от станции 3а до станции 2а) за счет испарения и инфильтрации в засушливый период не смогла пронести весь объем поступивших в нее искусственным путем вод. На самой станции 2а расход обеспечивался тоже в основном сточными водами.

Молокозавод сбрасывает в реку подогретую воду. Отличие температуры сточных вод от соседних станций достигало в августе 4 °С. Ниже стока от молокозавода (станция 2а) температура воды повышена всегда и особенно сильно в засушливый период, когда увеличивается доля более холодных грунтовых вод. Сбрасываемая молокозаводом вода более минерализована и имеет более высокую щелочность, что отражается на содержании биогенных элементов, особенно в засушливый период. Так, в жарком и маловодном августе при резком снижении водности и сохранении постоянного сброса сточных вод молокозавода concentra-

ция  $N-NH^{4+}$  оказалась очень высокой — 2,196 мгN/дм<sup>3</sup>, нитратов — 0,630 мг/дм<sup>3</sup> против фоновых 0,210—0,450 мг/дм<sup>3</sup>. Величина ХПК в апреле в районе станции 2а составила 136,4 мгО/дм<sup>3</sup>, в июне — 96,6 мгО/дм<sup>3</sup>, что соответственно в 4 и почти в 2,5—3 раза выше, чем в створах 2 и 3. Кроме того, влияние стоков от молокозавода отразилось и на распределении организмов зообентоса. Так в районе станций 3а—2а, особенно станции 2, обнаружена максимальная биомасса олигохет, причем вид найденных здесь олигохет относится к типичным псаммофилам. Этот вид встречается в заиленных местах, загрязненных мусором органического происхождения [4].

Регулярные наблюдения показали, что для малых водоемов и водотоков характерна значительная кратковременная изменчивость, нередко соизмеримая с сезонными колебаниями, а иногда и превосходящая их. Влияние погодных условий на состояние малых водных объектов многообразно. Под действием ветра водность реки, ее гидрометрические параметры могут возрастать на порядок и более, причем эти изменения могут произойти за весьма непродолжительное время. Атмосферные осадки, помимо изменения водности, оказывают заметное влияние на гидрохимические особенности водных объектов. Увеличивая поверхностный сток, они меняют сложившееся соотношение между поверхностным и грунтовым питанием, определяя тем самым концентрацию содержащихся в воде гидрохимических элементов. Кроме того, с прилегающей территории происходит смыв почвы и загрязняющих веществ.

Существенное влияние на гидрохимические показатели, связанные с жизнедеятельностью фитопланктона, может оказывать освещенность.

Антропогенный фактор оказывает разнообразное влияние. В частности, залповые сбросы могут вызвать существенные кратковременные изменения не только гидрохимических, но и гидрометрических параметров. При этом погодные условия, в первую очередь, засуха, могут усиливать степень этого влияния.

В организации мониторинга малых водных объектов, в том числе и в Калининградской области, существует ряд проблем. В большинстве случаев данные об экологическом состоянии малых водоемов и водотоков получают по наблюдениям рейдового характера [7]. Часто эти наблюдения являются единственным источником сведений о водных объектах, многие из которых имеют важное рыбохозяйственное значение. При проведении мониторинга аквальных экосистем необходимо строго подходить к выбору места отбора проб и обязательно учитывать погодную и антропогенную ситуацию. Учет короткопериодной изменчивости расширяет представление об особенностях гидрологических и экологических условий изучаемого водного объекта и позволяет более детально планировать экологический мониторинг аквальных экосистем.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Географический атлас Калининградской области / Под ред. В.В. Орленок. — Калининград: КГУ, 2002.
- [2] Берникова Т.А., Рябой В.Е. Освещенность как фактор формирования гидрологических особенностей водных экосистем // Изучение водных биоресурсов Калининградской области: Сб. научн. тр. — Калининград, 1996.

- [3] *Берникова Т.А., Рябой В.Е.* Необходимость учета кратковременных изменений гидрологических показателей при изучении водных экосистем // Первый конгресс ихтиологов России: Тезисы докладов (Астрахань, сентябрь 1997). — М.: Изд-во ВНИРО, 1997.
- [4] *Шibaева М.Н.* Экологическая характеристика малых рек Калининградской области: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. — Калининград: КГУ, 1997.
- [5] *Тылик К.В.* Ихтиофауна Калининградской области. Справочное пособие. — Калининград: Изд-во КГТУ, 2003.
- [6] *Берникова Т.А., Шкицкий В.А., Шibaева М.Н., Рябой В.Е.* Экологическая оценка рек Нельмы и Приморской // Международная науч.-техн. конф., посвященная 70-летию основания Калинингр. госуд. технич. ун-та (17—19 окт. 2000 г.). Ч. I. — Калининград: Изд-во КГТУ, 2000.
- [7] *Берникова Т.А., Цутикова Н.А., Шibaева М.Н.* Проблемы мониторинга малых рек на примере Калининградской области // Материалы международной научно-практической конференции «Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем» (17—20 апр. 2006 г.). Ч. 2 — М.: МГУП, 2006.

## **FEW FORMATION FACTORS OF THE SHORT-PERIOD VARIABILITY IN SMALL AQUATIC ECOSYSTEMS (AS AN EXAMPLE THE KALININGRAD REGION)**

**N.N. Nagornova, T.A. Bernikova**

Kaliningrad State Technical University  
*Sovetski pr., 1, Kaliningrad, Russia, 236001*

In the article examples of the influence of different factors on short-period variability of some hydrological and ecological parameters in water bodies are investigated.

**Key word:** Hydrology, pollution, variability, ecosystem, water body.