

---

*А.И. Сидорова*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАКРОЗООБЕНТОСА ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ Г. ПЕТРОЗАВОДСКА, КАРЕЛИЯ)**

*A.I. Sidorova*

**APPLICATION OF MACROZOOBENTHOS AS AN INDICATOR IN ASSESSING THE QUALITY OF URBAN ENVIRONMENT (CITY OF PETROZAVODSK, REPUBLIC OF KARELIA)**

Мониторинговые исследования в литоральной зоне Онежского озера показали, что в районе водозабора г. Петрозаводска популяционные показатели амфиподы *Gmelinoides fasciatus* ниже, по сравнению со станциями, расположенными за пределами города. Методы биотестирования с использованием *G. fasciatus* подтвердили негативное влияние ливневых вод на популяцию инвазионного вида *G. fasciatus* в районе водозабора.

Ключевые слова: мониторинг, популяционные показатели, амфипода *Gmelinoides fasciatus*, биотестирование, ливневые стоки.

Monitoring in the littoral zone of Lake Onega has demonstrated that the population indices of the amphipod *Gmelinoides fasciatus* around the Petrozavodsk municipal water intake facility are lower than at the sites outside the city bounds. Biotesting with *G. fasciatus* confirmed the detrimental effect of stormwater on the population of the invasive species *G. fasciatus* around the facility.

Keywords: monitoring, population parameters, amphipod *Gmelinoides fasciatus*, biotesting, stormwater runoff.

**Введение**

На побережье Петрозаводской губы Онежского озера располагается г. Петрозаводск (столица Республики Карелия), с населением 271 тыс. человек. Забор воды города осуществляется из Петрозаводской губы, куда впадают ливневые стоки Петрозаводска, нагрузка на экосистему существенная. Согласно данным А.В. Сабылиной [2007] химический состав ливневых вод следующий: сумма ионов достигает 382 мг/л, перманганатная окисляемость – 9,9 мг О/л, БПК<sub>5</sub> – 2,01 мгО<sub>2</sub>/л, нефтепродукты – 0,02 мг/л, Р<sub>общ</sub> – 160 мкг/л, N<sub>общ</sub> – 5,22 мг N/л. Актуальным становится вопрос об оценке экологического состояния популяции в районе городского водозабора, что и определило цель исследования. А именно, цель – изучить показатели макрозообентоса, как индикатора состояния в литоральной зоне Петрозаводской губы Онежского озера. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: исследовать сезонные показатели популяции доминирующей амфиподы *Gmelinoides fasciatus* Stebbing в районе городского водозабора, выполнить исследования по изучению популяционных показателей за пределами городской среды; изучить влияние ливневых стоков на амфиподу *G. fasciatus* методом биотестирования.

### Материал и методы

Для достижения цели были проведены полевые исследования и эксперименты с использованием метода биотестирования. Полевые исследования проводились в районе городского водозабора в литоральной зоне Петрозаводской губы в 2010 г. Отбор гидробиологического материала осуществлялся при помощи металлического пробоотборника Панова-Павлова (трубы из листового железа с площадью захвата 0,07 м<sup>2</sup> и высотой 0,45 м) на глубине 0,3 м [Панов, Павлов, 1986; Методические рекомендации..., 2005]. Кроме того, были выбраны дополнительные две мониторинговые станции, расположенные далеко от центра города, в районе Сайнаволока (станция 2) и на полуострове Бараний берег (станция 3) (Рис. 1). В 2010 г. частота отбора проб составляла 1 раз в десять дней, в трех повторностях. Во время отбора гидробиологического материала измерялась температура воды. Биотоп на станции в районе городского водозабора представляет собой каменисто-песчаную литораль, станция Сайнаволока каменисто-песчаная литораль с небольшими зарослями макрофитов и мониторинговая станция Бараний берег – каменистая литораль с примесью песка.

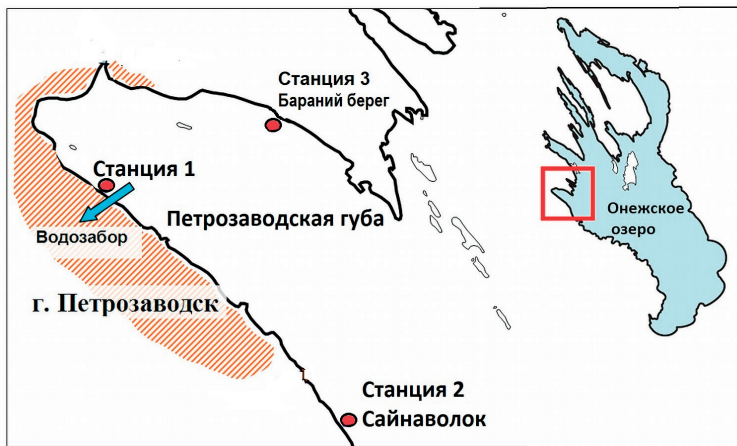


Рис. 1. Места расположения станций наблюдения в Петрозаводской губе Онежского озера (отмечены красным кружком).

Пробы фиксировали 70 %-ном этиловым спиртом и хранили в стеклянных банках, объемом 500 мл. Всех бокоплавов, извлеченных из проб, подсчитывали, взвешивали и измеряли. Всего обработали 126 гидробиологических пробы, было измерено около 4000 особей.

Для проверки предположения о влиянии ливневых стоков, а также для оценки экологической ситуации в районе водозабора были запланированы эксперименты по оценке токсичности ливневых стоков для вида *G. fasciatus* методом биотестирования. Одновременно в опытах использовали стандартный тест-объект – ветвистоусого рачка *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg [Чалова, Крылов, 2007]. Были взяты пробы воды с двух

ливневых труб, ручья, впадающих в районе водозабора и пробы воды в литоральной зоне озера. Продолжительность хронических опытов составила 7 суток в 2010 г. и 14 суток – в 2011 г. Всего использовано около 1600 рачков. Опыты ставились в неразбавленной воде, а также в 2, 5 и 10-кратном разбавлении. Было поставлено 3 серии опытов в 7 повторностях. В качестве контроля была взята вода из родника по ул. Вольной г. Петрозаводска [Сидорова и др., 2012].

**Результаты и обсуждение**

Наиболее прогретая вода на станциях, где собирался гидробиологический материал, приходится на июль (рис. 2). Погода в Карелии в это время года стояла довольно жаркая и спокойная. Соответственно, самая низкая температура воды в исследуемом периоде была зафиксирована в конце мая.

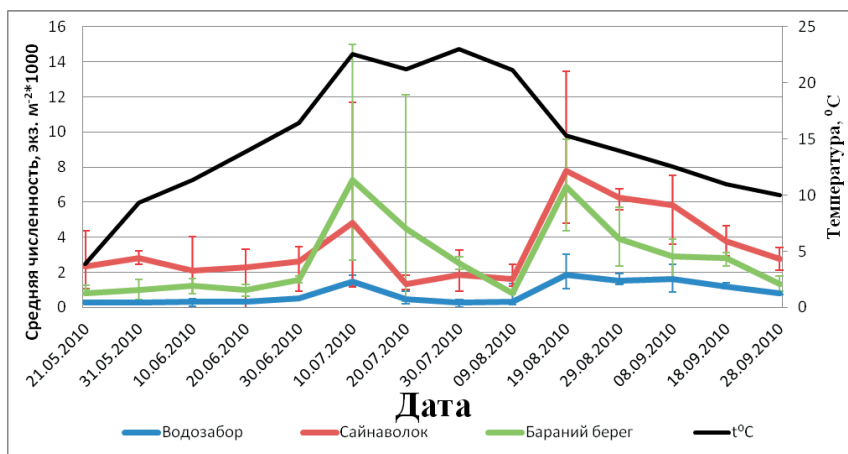


Рис. 2. Сезонная динамика средней численности (тыс. экз./м³) *Gmelinoides fasciatus* и температуры на трех мониторинговых станциях.

Инвазионный вид *G. fasciatus* обнаружен впервые на юго-западе Онежском озере в 2001 г. [Березина, Панов, 2003]. В Петрозаводской губе в 2010 г. был встречен на трех мониторинговых станциях в литоральной зоне.

На станции 1 в районе городского водозабора с конца июня до первой декады июля было отмечено возрастание численности амфиподы *G. fasciatus* (1-й пик), рост связан с массовым выходом молоди. В период с 20 июля по 9 августа численность рачка характеризовалась снижением до 250-500 экз./м³. Второе повышение численности (2-й пик) со второй декады августа по конец сентября вызвано вторым массовым выходом молоди. Максимальная численность рачков (3032 экз./м³) на этой станции была отмечена 19 августа. В тоже время, биомасса варьировала в пределах 0,06-2,54 г/м³, при средней биомассе – 1,11 г/м³.

Для сравнения показателей развития инвазионного вида были получены результаты со второй мониторинговой станции в районе Сайнаволок, где средняя численность

составила 3454 экз./м<sup>2</sup>, средняя биомасса – 7,7 г/м<sup>2</sup>, а максимальные показатели – 13500 экз./м<sup>2</sup> и 38,7 г/м<sup>2</sup>, соответственно. В течение периода исследования было отмечено два массовых выхода молоди (см. рис. 2). Возрастание численности отмечалось в конце июня – начале июля (1-й пик) и с середины августа до начала сентября (2-й пик). Как и на первой мониторинговой станции в районе городского водозабора, в период с конца июля по начало августа численность бокоплава значительно снижалась до 1300–1840 экз./м<sup>2</sup>.

На третьей мониторинговой станции, расположенной на Бараньем берегу, средняя численность рачка имела также два пика, примерно равных по величине. Десятого июля показатель численности достиг максимума в Петрозаводской губе в изучаемый период – 15 000 экз./м<sup>2</sup>. Средние показатели численности на станции составили 7000 экз./м<sup>2</sup>. Показатели биомассы были ниже, чем на станции Сайнаволоок и выше, чем на станции в районе городского водозабора, а именно, средняя биомасса – 4,0 г/м<sup>2</sup> и максимальная – 22,3 г/м<sup>2</sup>.

Показано, что в августе на станциях Сайнаволоок и водозабор размножение идет более интенсивно, чем в конце мая – начале июня, что соотносится с данными О.И. Ниловой [1976] по озеру Отрадному. В августе рачки перезимовавшей генерации продолжают размножаться и начинают размножаться достигшие половой зрелости рачки новой генерации. Об этом свидетельствуют уменьшение размеров самок: в конце мая средний размер самок составил 5,1–5,4 на трех станциях Петрозаводской губы, а в августе он снизился до 4,6–5,0 мм (табл. 1).

Наименьшая индивидуальная плодовитость в течение исследуемого периода отмечена в районе городского водозабора, наибольшая – в районе Сайнаволоок, где находятся биотоп с зарослями макрофитов и богатый детритом. По данным М.Ю. Бекман [1962], размеры рачков и количество яиц определяются условиями питания и на обогащенных детритом грунтах обнаруживаются наиболее крупные особи.

Максимальные размеры тела зарегистрированы в районе Сайнаволоок для самок – 11,5 мм, для самцов – 15,0 мм. На литорали у городского водозабора длина тела и самок, и самцов составила 10,0 мм. На Бараньем берегу длина тела самок наименьшая – 7,3 мм, по сравнению со всеми станциями, а самцов – 11,5 мм.

Результаты токсикологических экспериментов подтвердили чувствительность амфиподы *Gmelinoides* к ливневым водам [Сидорова и др., 2012]. Показано, что данные опытов за 2010 и 2011 гг. при продолжительности 7 суток в целом совпадают. Пробы воды с первой ливневой трубы оказали воздействие от средней степени токсичности до сильной степени на *G. fasciatus* по классификации Строганова [Строганов, 1971]. Вода из ручья характеризовалась также сильной токсичностью: 20 июня 2011 г. было зафиксировано полное вымирание тест-объектов. В течение двух лет исследований второй ливневый сток оказывал самое слабое токсическое действие на исследуемые тест-объекты. Образцы воды литоральной зоны в районе водозабора, оказывали сильное токсическое влияние на байкальскую амфиподу, выживаемость организмов варьировала в диапазоне от 29 % до 100 %. В 2010 г. на протяжении всего периода исследования неразбавленная вода ливневых стоков, а также ее разведения не оказали существенного влияния на выживаемость рачков *C. affinis*. Исключение составила озерная станция: в пробах воды с этой станции

выживаемость ветвистоусых рачков снижалась до 29 %. Таким образом, по данным 2010 г. вид *G. fasciatus* оказался более чувствителен к воздействию ливневых стоков, чем ветвистоусый рачок *C. affinis*.

В 2011 г. продолжительность опытов была увеличена до 14 суток. Это привело к существенному усилению токсического действия исследуемых образцов воды на тест-объекты. Выживаемость *G. fasciatus* в разных пробах снизилась на 14-57 % по сравнению с данными опытов, продолжительность которых составляла 7 суток. Выживаемость *C. affinis* при экспозиции 7 суток варьировала в пределах 43-86 %, при увеличении продолжительности опытов до 14 суток выживаемость ветвистоусых рачков уменьшилась до 14-71 %. По классификации Н.С. Строганова [1971] токсичность тестируемых образцов воды для *C. affinis* возросла со слабой до средней.

Таблица 1

**Сезонное изменение линейных размеров и плодовитости яйценосных самок *Gmelinoides* в течение вегетативного периода**

Месяц	Количество определений	Средняя длина тела, мм	Средняя плодовитость, яиц/самку ( $x \pm s_x$ )	Колебания плодовитости, яиц/самку
Водозабор				
май	21	5,4	8,7±3,3	4-17
июнь	22	5,8	8,3±5,8	4-26
июль	21	4,7	9,0±5,1	4-19
август	25	4,6	8,5±3,5	4-18
сентябрь	18	4,8	9,5±4,0	5-18
Сайнаволоок				
май	179	5,4	8,1±3,0	3-17
июнь	95	5,4	12,2±5,2	4-24
июль	50	5,1	10±4,6	4-24
август	65	4,6	8,5±3,4	3-17
сентябрь	43	4,9	9,8±4,3	4-19
Бараний берег				
май	25	5,1	8,1±2,1	4-14
июнь	33	5,4	11,6±3,2	4-20
июль	36	5,4	11,3±1,5	4-23
август	21	5,0	8,9±2,4	4-22
сентябрь	20	5,0	9,2±1,8	4-22

### Заключение

На литорали Петрозаводской губы амфипода *G. fasciatus* обнаружена на трех мониторинговых станциях. Однако, в прибрежной зоне в районе городского водозабора (станция 1) популяционные показатели оказались ниже, чем на двух других станциях, расположенных далеко от центра города.

Результаты биотестирования ливневых стоков свидетельствуют о крайне неблагоприятной экологической ситуации на литорали Петрозаводской губы в районе водозабора. Ливневые стоки, поступающие с берега в этот район, характеризовались в основном высокой степенью токсичности, что, по-видимому, объясняет низкую численность *G. fasciatus* на этом участке Петрозаводской губы.

### Литература

1. Алимов А.Ф., Флоринская Т.М. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при ведении мониторинга биологического загрязнения на Финском заливе. – СПб, 2005, 68 с.
2. Бекман М.Ю. Экология и продукция *Micrurus possolskii* Sow и *Gmelinoides fasciatus* Steb. // Тр. Лимнол. ин-та СО АН СССР, т.2, ч.1, 1962, с. 141-155.
3. Березина Н.А., Панов В.Е. Вселение байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Amphipoda, Crustacea) в Онежское озеро // Зоологический журнал, 2003, т.82, № 6, с. 731-734.
4. Нилова О.И. Некоторые черты экологии и биологии *Gmelinoides fasciatus* Stebb., акклиматизированных в озере отградное Ленинградской области // Изв. Гос. научн.-исслед. ин-та озёрн. и речн. хоз-ва, 1976, т.110, с. 10-15.
5. Панов В.Е., Павлов А.М. Методика количественного учета водных беспозвоночных в зарослях камыша и тростника // Гидробиологический журнал, 1986, т.22, № 6, с. 87-88.
6. Сабылина А.В. Химический состав воды озера // Состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1998-2006 гг. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007, с. 29-40.
7. Сидорова А.И., Калинин Н.М., Дыдик И.В. Реакция байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* Stebbing на действие ливневых стоков города Петрозаводска. Труды Карельского научного центра РАН, 2012, № 2, с. 125-130.
8. Строганов Н.С. Методика определения токсичности водной среды // Методики биологических исследований по водной токсикологии. Наука, 1971, с. 14-60.
9. Чалова И.В., Крылов А.В. Оценка качества природных сточных вод методами биотестирования с использованием ветвистоусых ракообразных (*Cladocera*, Crustacea). Рыбинск: Изд-во ОАО «Рыбинский дом печати», 2007, 73 с.