

Влияние «цветения» синезеленых водорослей на экологическое состояние КУРШСКОГО ЗАЛИВА

Куршский залив — крупнейшая прибрежная лагуна Балтийского моря. Гидрохимические и гидробиологические показатели акватории соответствуют гиперэвтрофному состоянию. «Гиперцветение» потенциально-токсичных синезеленых водорослей оказывает большое влияние на экосистему, их биомасса летом превышает уровень, при котором наблюдается вторичная эвтрофикация (биологическое загрязнение). В прибрежной зоне при скоплении и разложении водорослей локально отмечается отсутствие кислорода и замор рыб.

Введение

Куршский залив представляет собой мелководную, преимущественно, пресноводную лагуну, расположенную в юго-восточной части Балтийского моря.

По площади (1584 кв. км) и объему воды (6,2 куб. км) это крупнейшая лагуна Европы. Залив относится к трансграничным водоемам и интенсивно используется в водохозяйственном и рекреационном отношении Россией и Литвой.

К наиболее важным экологическим проблемам Куршского залива относится продолжающееся эвтрофирование (повышение уровня биомассы планктона водных объектов в результате накопления биогенных элементов под воздействием антропогенных или естественных факторов). Ежегодно наблюдается «цветение» воды в период массового развития синезеленых водорослей, которые могут оказывать токсичный эффект на рыб и других гидробионтов [1-3].

«Цветение» воды — явление, признанное во всем мире стихийным бедствием. ЮНЕСКО финансирует долгосрочную научную про-

С.В. Александров*,
к.б.н.,
заведующий
лабораторией
гидробиологии
Атлантического
научно-
исследовательского
института
рыбного хозяйства
и океанографии

грамму по исследованию токсичных «цветений», действующую в рамках Международной океанографической комиссии. В странах Балтийского моря одной из важнейших экологических проблем является поступление в прибрежные и морские экосистемы загрязняющих веществ (включая биогенные элементы), что стимулирует размножение синезеленых водорослей, токсины которых могут воздействовать на рыб. В России «цветениям» воды, как виду экологических катастроф, уделяют значительно меньшее внимание. В Калининградской области комплексная оценка воздействия массового размножения синезеленых водорослей на экологическую ситуацию в водоемах, в том числе в Куршском заливе, не проводилась. Целью данной работы было гидрохимическое и гидробиологическое изучение влияния массового развития потенциально-токсичных синезеленых водорослей на состояние экосистемы Куршского залива.

Материалы и методы исследования

Мониторинг загрязнения и эвтрофирования вод Куршского залива выполняется АтлантНИРО с 1991 г. Изучаются гидрологические (температура, прозрачность воды), гидрохимические (рН, растворенный кислород, БПК₅, концентрации биогенных элементов) и гидробиологические (концентрация хлорофилла *a*, первичная продукция, видовой состав, численность, биомасса фитопланктона) показатели. Мониторинг проводится ежемесячно с марта по ноябрь на 12 стандартных станциях, расположение

* Адрес для корреспонденции: hydrobio@mail.ru

которых соответствует гидрологическому и гидрохимическому делению залива и охватывает всю российскую акваторию (рис. 1). Также изучается ихтиофауна и сообщества зоопланктона и бентоса. Гидрологические и гидрохимические показатели определяются по стандартным методикам в пробах воды из поверхностного слоя [4], а гидробиологические – на разных горизонтах, либо интегрально для столба воды [5].

Результаты и их обсуждение

На протяжении XX века на акватории Балтийского моря и водоемы его бассейна (в том числе в Куршском заливе) наблюдалось увеличение биогенной нагрузки. Куршский залив (его водосборная площадь расположена в густонаселенном районе с интенсивно развитой промышленностью и сельским хозяйством) испытывал на протяжении последних десятилетий интенсивное антропогенное воздействие. Согласно расчетам, внешняя биогенная нагрузка на Куршский залив в конце 80-х гг. прошлого века составляла 3,7 – 8,5 г/м² фосфора и 61 – 110 г/м² азота в год, что многократно превышало предельно допустимую нагрузку, которая вызывает эвтрофирование водоема [2]. Уменьшение объемов промышленного производства и применения удобрений в 90-х гг. прошлого века привело к снижению внешней биогенной нагрузки в несколько раз (до 0,8 – 2,3 гР/м² и 21 – 40 гN/м² [6]). Однако результаты экологических исследований Куршского залива, проводимые с 1991 г., не показывали заметного улучшения гидрохимических и гидробиологических показателей состояния водоема. В частности, по сравнению с 1989-90 гг., летом содержание общего азота и фосфора увеличилось и значительно превышало уровень биогенных элементов, вызывающий эвтрофирование. Эвтрофирование водоема отражается на всех трофических уровнях и, прежде всего, на низших (бактериопланктон, фитопланктон и зоопланктон). В фитопланктоне доминируют виды, обильное развитие которых характерно для эвтрофных и гиперэвтрофных вод [1, 3]. Особенности гидрохимической ситуации, а также гидрологический режим водоема определяют характер сезонной динамики планктонного сообщества с летним максимумом в период «цветения» синезеленых водорослей (*Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa* и др.). В этот период наблюдаются наибольшие значения деструкции органического вещества и содержания хлорофилла [1, 2]. Такой тип сезонной дина-

мики характерен для эвтрофных и гиперэвтрофных водоемов.

Наиболее сильно процессы эвтрофирования и «цветения» воды выражены в южной и центральной российских частях Куршского залива (75% акватории), где условия исключительно благоприятны для развития синезеленых водорослей: высокое содержание в илах биогенных элементов, которые из-за мелководья постоянно поступают в толщу воды, отсутствие затока морской воды, замедленный водообмен, пресноводность и сильный летний прогрев воды (до 25-26°C). Здесь накапливаются максимальные концентрации азота и фосфора. В частности, концентрация минерального фосфора выше величин (30-50 мкг/л), лимитирующих размножение водорослей. Высокая концентрация фосфора является предпосылкой и показателем эвтрофного состояния.

В северной, литовской, части Куршского залива (25% акватории) показатели эвтрофирования ниже [7]. Этот район прилегает к морскому проливу и находится под влияни-

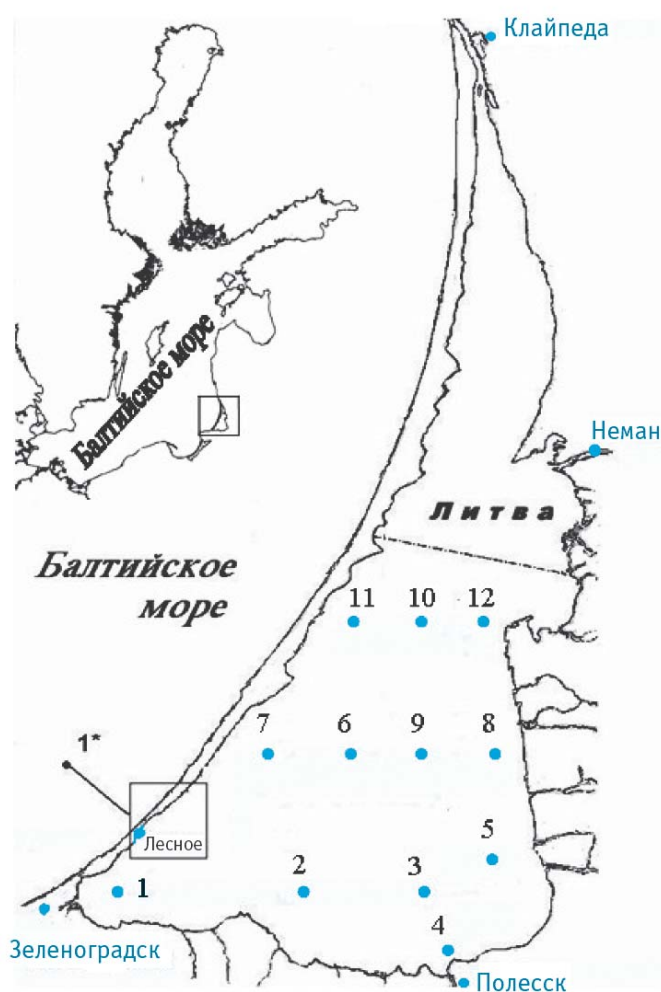


Рис. 1. Расположение станций экологического мониторинга в Куршском заливе (1* – район проведения исследования в прибрежной зоне)



ем речного стока и Балтийского моря. Высокая проточность и соленость препятствуют интенсивному развитию синезеленых водорослей.

В 1980-х – 2000-х гг. биомасса потенциально токсичных синезеленых водорослей (*Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*) в летний период всегда была на уровне «интенсивного цветения» (более 10 г/м³), а в течение 11 сезонов достигала состояния «гиперцветения» (более 100 г/м³) [1-3]. Массовое развитие синезеленых водорослей в заливе приводит к увеличению биомассы фитопланктона, содержания хлорофилла и биогенных элементов в воде. Таким образом, Куршский залив можно оценить как гиперэвтрофный водоем. Это один из самых высокопродуктивных водоемов Европы, включая и морские акватории [1, 2]. Первичная продукция фитопланктона в Куршском заливе превышает разложение органического вещества в среднем за период 2001-08 гг. в 1,4 раза. Такое соотношение свидетельствует о накоплении органического вещества в воде и донных осадках, что ведет к вторичному (или биологическому) загрязнению Куршского залива и дальнейшей эвтрофикации, о чем свидетельствует увеличение первичной продукции в последние десятилетия. Среднегодовая первичная продукция органического вещества в настоящее время составляет около 470 гС/м² в год, что в 1,5 раза выше, чем в середине 70-х гг. XX века. Возможно, это свидетельствует о значительном эвтрофировании лагунной экосистемы в условиях «цветения» синезеленых водорослей и слабого водообмена.

Массовое развитие синезеленых водорослей создает неблагоприятную экологическую ситуацию в акватории Куршского залива, прежде всего в российской части. В период «гиперцветения» биомасса фитопланктона на протяжении нескольких месяцев (июль-октябрь) превышает уровень, при котором

происходит вторичное (биологическое) загрязнение водоема. На отдельных станциях в заливе биомасса водорослей может достигать 1200 – 2500 г/м³, а содержание хлорофилла – 700-3400 мг/м³ [1, 2]. Содержание аммонийного азота достигает 800–1000 мкг/л, значение БПК₅ – 10 – 24 мгО₂/л, водородный показатель (рН) воды – 9,8 – 10,0, что значительно превышает значения предельно допустимых концентраций (ПДК) для рыбохозяйственных водоемов.

В прибрежной зоне Куршского залива, на участках покрытых зарослями макрофитов и в небольших бухтах, в период «цветения» биомасса фитопланктона за счет накопления может достигать сотен кг/м³. В воде резко возрастают процессы разложения, идущие с поглощением кислорода, накапливаются органические вещества и продукты их распада. В зонах разложения наблюдается гибель зоопланктона и замор рыб [1]. Данные явления носят локальный характер, и их формирование определяется ветровым режимом в период «цветения». Особенно неблагоприятны годы, когда в июле-августе отмечаются устойчивые восточные ветра, которые приводят к перемещению водорослей к западному, наиболее обжитому и используемому для рекреационных целей, берегу (в район национального парка «Куршская коса» и г. Зеленоградска) (рис. 1).

Скопление синезеленых водорослей и замор рыб лишь «видимая» часть неблагоприятного воздействия. Доминирующие в Куршском заливе и вызывающие «гиперцветение» воды виды синезеленых водорослей *Aphanizomenon flos-aquae* и *Microcystis aeruginosa* относятся к потенциально-токсичным видам. По современным данным отдельные популяции *Aphanizomenon flos-aquae* синтезируют нейротоксины, а *Microcystis aeruginosa* – гепатотоксины, которые могут воздействовать на разные группы гидробионтов и чело-

Ключевые слова:
эвтрофикация,
синезеленые
водоросли,
«цветение» воды,
Куршский залив