

ПОСТУПЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ С ВОДОСБОРНОГО БАСЕЙНА РЕКИ ПРЕГОЛИ В ВИСЛИНСКИЙ ЗАЛИВ

Вислинский залив Балтийского моря относится к одним из самых продуктивных водоемов Европы. Водосборный бассейн Вислинского залива в большой степени составлен водосбором р. Преголи, в котором расположены все крупнейшие города Калининградской области. Целью исследований была оценка поступления биогенных веществ (азота и фосфора) с водосборного бассейна р. Преголи в Вислинский залив, которое складывается из эмиссии от точечных источников и распределенной нагрузки. В работе использована модель поступления биогенных веществ с водосборной площади р. Преголи на базе FyrisNP model Version 3.1, учитывающая характер землепользования, сток биогенных веществ от точечных источников и с земель разного назначения, параметры водотоков, атмосферные выпадения.

The Vistula Lagoon of the Baltic Sea is one the most productive water bodies in Europe. The Pregolya River comprises the main part of the Vistula Lagoon's catchment area where the biggest cities and towns of the Kaliningrad Region are situated. The aim of the research is to estimate the nutrient (nitrogen and phosphorus) flux from the Pregolya River's catchment area into the Vistula Lagoon, which is composed by both point source emissions and diffuse load. The author applies the model of nutrient flux from the Pregolya River catchment area based on FyrisNP Version 3.1, which takes into account the catchment land use, nutrient runoff from point sources and lands of different types, stream characteristics, and precipitation.

Ключевые слова: модель поступления, сток биогенов, параметры водотоков, атмосферные выпадения.

Keywords: nutrient flux model, nutrient runoff, stream characteristics, precipitation.

Введение

Материковый сток Вислинского залива (3,6 км³/год) формируют более 20 рек, крупнейшая из них – Преголя. Ее бассейн составляет 65 % водосборной площади залива, а сток – 40 % общего стока. На берегах р. Преголи и ее притоков расположены все крупные города Калининградской области, в том числе Калининград. Ежегодно в залив поступают большие объемы азота и фосфора в результате смыва минеральных удобрений и отходов животноводческих ферм, а также с коммунально-бытовыми и промышленными стоками. В последнее десятилетие прошлого века произошло уменьшение антропогенного поступления биогенных веществ в речную систему р. Преголи, как и многих других рек России, вследствие уменьшения промышленного производства, сокращения площадей используемых сельскохозяйственных угодий и поголовья скота, в силу причин экономического характера. Изменение биогенной нагрузки на Вислинский залив может привести к перестройке функционирования его экосистемы и требует изучения, в том числе с применением методов моделирования.

Материал и методика

В работе использована модель поступления биогенных веществ с водосборной площади р. Преголи [9] на базе FyrisNP model Version 3.1 Шведского института сельскохозяйственных наук [10]. В качестве картографической основы для моделирования использован «Атлас речных трансграничных бассейнов Калининградской области» [2]. Площади пахотных и пастбищных земель рассчитаны с использованием данных сельскохозяйственной переписи 2006 г. и результатов анализа административных единиц в пределах речного бассейна Преголи [2; 3]. Поступление азота и фосфора со сточными водами оценено по данным государственной статистики [8]; азота и фосфора из сельских населенных пунктов – по данным государственной статистики по численности населения [5] с учетом количества биогенных веществ в отходах [13]. Площади лесов оценены с использованием карты растительности А.А. Суховой, территорий болот – карты болотных угодий П.П. Кучерявого [1]. Для расчета поступления биогенов с земель разного назначения использованы данные Шведского института сельскохозяйственных наук, полученные для Южной Швеции, с учетом данных для водосбора р. Преголи по основным выращиваемым сельскохозяйственным культурам [7] и типам почв [1]. Поступление биогенных веществ на субводосборы рек Анграпы и Лавы с расположенных выше по течению участков, находящихся на территории Польши, было оценено по литературным данным [6].

Основные результаты и обсуждение

При моделировании биогенной нагрузки на Вислинский залив выполнена ревизия источников поступления биогенных веществ на водосборе р. Преголи. Точечная нагрузка формируется за счет

сброса сточных вод промышленных, муниципальных и сельскохозяйственных предприятий, а распределенная нагрузка складывается из природной составляющей (лесной фонд, заболоченные территории и др.), поступления с сельскохозяйственных угодий, а также в результате жизнедеятельности сельского населения и скотоводства.

Результаты моделирования показывают, что поступление биогенных веществ с водосбора Преголи выше Калининграда в среднем за период 2001–2005 гг. составляло около 2300 т/год для общего азота и 440 т/год для общего фосфора. Коммунально-бытовые и промышленные стоки Калининграда в основном отводятся Калининградским отводным каналом непосредственно в Приморскую бухту Вислинского залива. Согласно анализу данных официальной статистики [8], со сточными водами Калининграда поступает около 1400 т/год общего азота и 300 т/год общего фосфора. Таким образом, суммарное поступление общего азота и общего фосфора с водосбора р. Преголи и Калининграда, включая сток через Калининградский отводной канал, составляет около 3700 и 740 т/год соответственно.

Наибольшее количество общего фосфора в Вислинский залив поступает с коммунально-бытовыми и промышленными сточными водами, особенно из Калининграда. Доля поступления общего фосфора со сточными водами из точечных источников, расположенных на водосборной площади р. Преголи выше областного центра, составляет всего 11 %, а с учетом сточных вод Калининграда достигает 64 % от общей биогенной нагрузки по фосфору (рис. 1). Сходная тенденция наблюдается по общему азоту: доля поступления со сточными водами выше Калининграда составляет всего 4 %, а с учетом его сточных вод достигает 37 % от общей биогенной нагрузки по азоту (рис. 2).

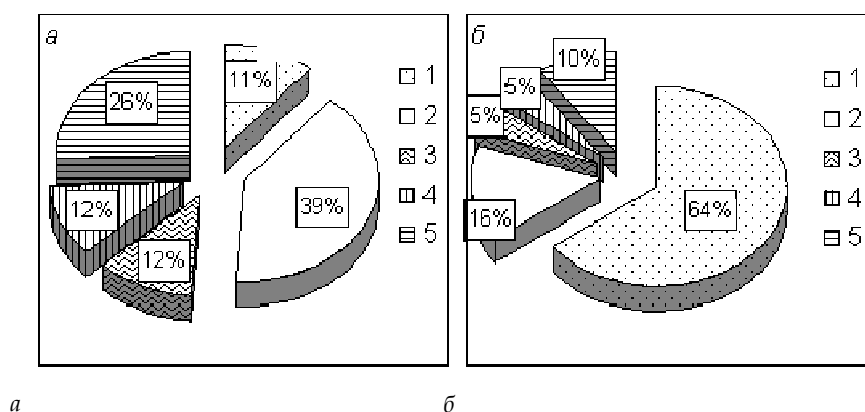


Рис. 1. Вклад различных источников в поступление общего фосфора в Вислинский залив:
 а – с водосбора р. Преголи выше Калининграда,
 б – с водосбора р. Преголи, включая сточные воды Калининграда
 (1 – сточные воды, 2 – пахотные угодья, 3 – пастбища, 4 – лесной фонд, 5 – прочие источники)

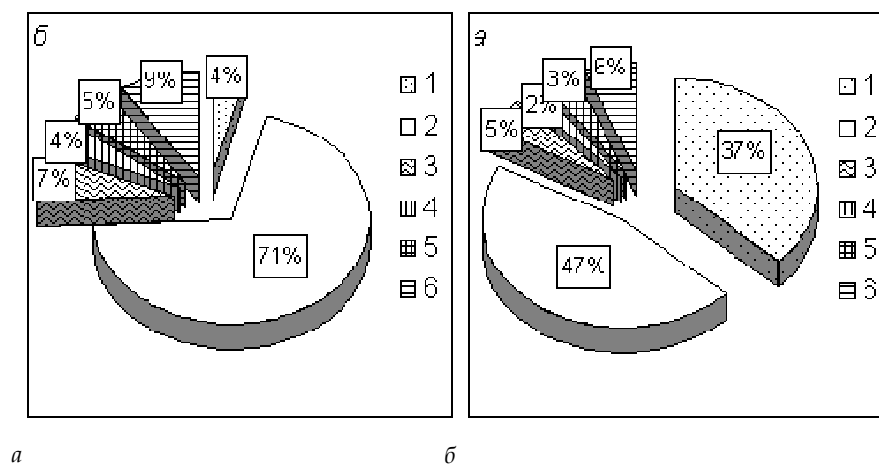


Рис. 2. Вклад различных источников в поступление общего азота в Вислинский залив:
 а – с водосбора р. Преголи выше Калининграда,
 б – с водосбора р. Преголи, включая сточные воды Калининграда
 (1 – сточные воды, 2 – пахотные угодья, 3 – пастбища, 4 – лесной фонд, 5 – с атмосферными осадками, 6 – прочие источники)

Другим важным источником поступления биогенных элементов является сельское хозяйство, в первую очередь сток с пахотных земель. Этот источник является доминирующим (39 % по фосфору и 71 % по азоту) при формировании биогенной нагрузки с водосборной площади выше Калининграда (рис. 1,а, 2,а). С учетом сточных вод Калининграда доля поступления с пахотных земель составляет 16 % по фосфору и 47 % по азоту от всей биогенной нагрузки, поступающей в Вислинский залив с водосборной площади р. Преголи (рис. 1,б, 2,б). Всего с сельскохозяйственных угодий (пашни и пастбища) поступает 21 % общего фосфора и 52 % общего азота от всей биогенной нагрузки Вислинского залива (с учетом сточных вод Калининграда) (рис. 1,б, 2,б). Однако эта оценка может быть несколько завышена в связи с тем, что расчеты проводились по методике, разработанной для районов Южной Швеции, в которой нормы внесения удобрений выше. Сток биогенов с животноводческих комплексов сильно варьирует в зависимости от вида утилизации органических отходов ферм.

Поступление биогенных веществ с земель лесного фонда, занимающих около 20 % площади водосборного бассейна Преголи, незначительно и не превышает 2 % азота и 5 % фосфора.

Расчитанная нами оценка биогенной нагрузки с водосбора р. Преголи и Калининграда (3700 т/год азота и 740 т/год фосфора) в целом совпадает с результатами, полученными ранее С. И. Зотовым при помощи разработанной им имитационной модели [4] (см. табл.).

**Оценка поступления биогенных веществ в Вислинский залив
со стоком р. Преголи и отводного канала г. Калининграда в разные годы**

Период оценки, моделирование	Место поступления биогенных веществ	Общий азот, тонн N/ год	Общий фосфор, тонн P/ год	Источник
Оценка 1992 г.	р. Преголя и отводной канал Калининграда	20680	1710	[14]
Оценка 1994 – 1995 гг.	р. Преголя выше Калининграда	7300	875	[12]
	р. Преголя ниже Калининграда	8962	1228	
	р. Преголя и отводной канал Калининграда	10705	1850	
Оценка 1998 – 2000 гг.	р. Преголя выше Калининграда	3950	310	[11]
	р. Преголя и отводной канал Калининграда	6028	490	
Моделирование состояния геосистем 1980 – 1990-е гг.	р. Преголя	4250	540	[4]
Моделирование (FyrisNP) 2001 – 2005 гг.	р. Преголя выше Калининграда	2300	120 – 440	Наши данные и оценки
	р. Преголя и отводной канал Калининграда	3700	420 – 740	

В то же время имеющиеся в литературе оценки, выполненные в 1990-е гг., существенно выше приведенных в таблице. Согласно им, биогенная нагрузка на Вислинский залив с водосбора р. Преголи и Калининграда составляла в начале 1990-х гг. около 10000 – 20000 т/год азота и 1710 – 1850 т/год фосфора, что выше полученных для 2001 – 2005 гг. оценок в 3 – 5 раз по фосфору и 2 – 3 раза по азоту. Общеизвестно, что с начала 1990-х гг. по причинам экономического характера в России и, в частности, в Калининградской области уменьшилось количество промышленных предприятий, в сельском хозяйстве значительно сократились площади пахотных земель, снизилось количество применяемых удобрений, уменьшилось поголовье скота. Все это, несомненно, должно было привести к уменьшению в несколько раз поступления биогенных веществ в водные объекты, что показывает и сравнение наших результатов с полученными ранее оценками. В наибольшей степени снизилась биогенная нагрузка по азоту, так как его поступление связано, прежде всего, с сельскохозяйственными угодьями и применением минеральных удобрений.

Выводы

В современный период биогенная нагрузка на Вислинский залив, рассчитанная на основе модели поступления биогенных веществ с водосборной площади р. Преголи выше Калининграда на базе FyrisNP, составляет 2300 т/год азота и 440 т/год фосфора. С учетом поступления коммунально-бытовых и промышленных сточных вод Калининграда в залив поступает 3700 т/год азота и 740 т/год фосфора.

Фосфор в Вислинский залив поступает в основном со сточными водами, прежде всего Калининграда (64 %), азот — с сельскохозяйственных угодий (52 %). Наблюдается значительное снижение поступления биогенных веществ с водосборного бассейна р. Преголи в Вислинский залив по сравнению с оценками, выполненными в начале 1990-х гг. Явные причины снижения биогенной нагрузки — уменьшение антропогенной составляющей вследствие снижения промышленного производства, сокращения площадей используемых сельскохозяйственных угодий и поголовья скота, а также причины экономического характера.

Работа была частично поддержана за счет гранта РФФИ 08-05-92421-БОНУС а и программы РНП ВШ проекта № 2.2.1.1/3714.

Список литературы

1. *Географический атлас Калининградской области* / гл. ред. В.В. Орленок. Калининград, 2002.
2. *Домнин Д.А., Чубаренко Б.В.* Атлас речных трансграничных бассейнов Калининградской области. Калининград, 2007.
3. *Земельные ресурсы и их использование. Итоги всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года.* Т. 5. Калининград, 2007.
4. *Зотов С.И.* Моделирование состояния геосистем. Калининград, 2001.
5. *Основные показатели развития экономики и социальной сферы административно-территориальных образований Калининградской области* / Федеральная служба государственной статистики по Калининградской области. Калининград, 2006.
6. *Оценка состояния трансграничных водных ресурсов в регионе ЕЭК ООН. Предварительная оценка состояния трансграничных рек, впадающих в Балтийское море, и их основных трансграничных притоков — Преголи, Вислы и Одера* ЕСЕ/МР. WAT/WG.2/2007/8. Хельсинки, 2007.
7. *Посевные площади сельскохозяйственных культур и площади многолетних насаждений и ягодных культур. Итоги всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года.* Т. 4. Калининград, 2007.
8. *Состояние окружающей среды и ее влияние на здоровье населения Калининградской области в 2007 г.* Калининград, 2008.
9. *Gorbunova J., Alexandrov S.* Nutrient loads to the Vistula Lagoon of the Baltic Sea // Abstract book of the 7th Baltic Sea Science Congress. Tallin, 2009. P. 41.
10. *Hansson K., Wallin M., Djodjic F., Lindgren G.* The FyrisNP model. Technical description. Uppsala, 2008.
11. *Kalinigrad Oblast in Number.* Kaliningrad, 2002.
12. *Prioritizing hot spot Remediations in the Vistula Lagoon catchment* // Environmental Assessment and Planning for the Polish and Kaliningrad Parts of the Lagoon. 2007. May.
13. *Swedish Environmental Protection Agency.* What does domestic wastewater contain? // Swedish EPA Report. 1995. 4425.
14. *Urban and Industrial Wastewater Project, Draft Interim Report.* Kaliningrad, 1995.

Об авторе

Ю. А. Горбунова — докторант, РГУ им. И. Канта; науч. сотр. АО ИО РАН, julia_gorbunova@mail.ru

Author

Yu. Gorbunova, postdoctoral student, IKSUR, Research Associate, Atlantic Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology, julia_gorbunova@mail.ru