

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2023. № 2. (119). С. 20-28.
Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2023. № 2. (119). P. 20-28.

ЭКОЛОГИЯ

Научное сообщение

УДК 556.5:581.526.325.2(282.256.16)

doi: 10.26110/ARCTIC.2023.119.2.002

ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ КРУПНЫХ СИБИРСКИХ РЕК (НА ПРИМЕРЕ Р. ИРТЫШ)

*Ольга Прокопьевна Баженова¹, Валентина Васильевна
Костерова²*

^{1,2}Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Омск, Россия

¹op.bazhenova@omgau.org

²vv.kosterova06.06.01@omgau.org

Аннотация. В статье рассмотрена и дополнена классификация экосистемных услуг водных объектов. На примере реки Иртыш установлено, что с точки зрения оказания крупными сибирскими реками регулирующей экосистемной услуги процесс эвтрофирования имеет положительный характер, так как при этом происходит увеличение выноса фитомассы в низкопродуктивные арктические экосистемы, и тем самым — их обогащение. Кроме того, на начальных стадиях эвтрофирования происходит существенное возрастание видового богатства фитопланктона, его биоразнообразия, что также способствует выполнению регулирующей экосистемной услуги.
Ключевые слова: природный капитал, экосистемные услуги, водные объекты, фитопланктон, река Иртыш.

Цитирование: Баженова О.П., Костерова В.В. Экосистемные услуги крупных сибирских рек (на примере р. Иртыш) // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. (119). № 2. С. 20–28. doi: 10.26110/ARCTIC.2023.119.2.002.

Science Communication

ECOSYSTEM SERVICES OF LARGE SIBERIAN RIVERS (ON THE EXAMPLE OF THE IRTYSH RIVER)

Olga P. Bazhenova¹, Valentina V. Kosterova²

^{1,2}Omsk State Agrarian University named after PA. Stolypin, Omsk, Russia

¹op.bazhenova@omgau.org

²vv.kosterova06.06.01@omgau.org

Abstract. The article considers and supplements the classification of ecosystem services of water bodies. Using the example of the Irtysh River, it has been established that from the point of view of the provision of a regulating ecosystem service by large Siberian rivers, the process of eutrophication is positive, since in this case there is an increase in the removal of phytomass to low-productive Arctic ecosystems, and thus their enrichment. In addition, at the initial stages of eutrophication, there is a significant increase in the species richness of phytoplankton, its biodiversity, which also contributes to the implementation of the regulating ecosystem service.

Keywords: natural capital, ecosystem services, water bodies, phytoplankton, river Irtysh.

Citation: Bazhenova O.P., Kosterova V.V. Ecosystem services of large Siberian rivers (on the example of the Irtysh river) // Scientific Bulletin of the Yamalo-Nenets Autonomous District. (119). No. 2. P. 20–28. doi: 10.26110/ARCTIC.2023.119.2.002.

Введение

В последнее время в России интенсивно разрабатываются и внедряются в природоохранную деятельность понятия природного капитала и экосистемных услуг. Методология оценки и учета экосистемных услуг еще до конца не разработана, тем более, что в условиях интенсивно меняющегося мира с возникновением новых, т.н. глобальных вызовов, эту методологию приходится постоянно пересматривать и уточнять.

Идея включения экосистемных услуг в систему природоохранной деятельности возникла еще в конце XX века в трудах одного из основателей

концепции природного капитала Роберта Костанзы с соавторами. В нашей стране эта концепция прокладывает себе путь с большими трудностями, но, в то же время, имеет много сторонников. Теоретические аспекты этой идеи и их практическое применение нашли воплощение в многочисленных работах по экономике природопользования, среди которых, прежде всего, нужно упомянуть разработки С.Н. Бобылева с соавторами [1, 2], И.П. Глазыриной [3], А.А. Тишкова [4], Г.А. Фоменко с соавторами [5] и др.

Ценность ресурсов живой природы и оказываемых ею экосистемных услуг служит, кроме того, важнейшим индикатором развития экономики страны и регионов [4].

Водные объекты среди ресурсов природы занимают важную, но до сих пор недоучтенную позицию. По запасам ресурсов пресных вод Россия занимает второе место в мире, в стране сосредоточены крупнейшие реки мира, и это налагает на нас дополнительную ответственность за сохранение водных ресурсов. Но оценивать водные ресурсы только с позиций водопотребления и водоотведения нельзя, поскольку сами запасы, сток и качество воды во многом обеспечиваются и поддерживаются средообразующей деятельностью биоты и функционированием природных экосистем [4].

Материалы и методы

Основные категории экосистемных услуг, предоставляемых водными объектами, были взяты из Доклада ООН «Millennium Ecosystem Assessment» [6]. Согласно этой классификации водные объекты выполняют следующие виды экосистемных услуг:

- ресурсообеспечивающие (материальные продукты, получаемые от экосистем);
- регулирующие (выгоды, получаемые от регулирования экосистемных процессов);
- культурные (нематериальные выгоды, которые люди получают от экосистем посредством духовного обогащения, развития познавательной деятельности, рекреации, эстетического опыта, рефлексии);
- поддерживающие (услуги, необходимые для поддержки всех других экосистемных услуг).

Эта классификация нуждается, по нашему мнению, в уточнении не только основных функций, выполняемых водными объектами, но и в описании сущности предоставляемой услуги. За основу классификации были

взяты категории, выделенные в Докладе ООН и, кроме того, использованы положения, обсуждаемые в работах С.Н. Бобылева с соавторами [1, 2].

Ресурсообеспечивающие экосистемные услуги. Водные объекты выступают как источник полезных материальных и иных продуктов: техническая и питьевая вода, инфраструктурная среда (водный транспорт), биоресурсы, употребляемые в пищу (рыба, водоросли, моллюски и т.п.), драгоценные материалы (жемчуг и пр.), пищевые добавки и косметические компоненты, получаемые из водных биоресурсов, лечебные ресурсы (минеральная вода и грязи), органические удобрения (фитомасса водорослей, сапропель), генетические ресурсы.

Регулирующие экосистемные услуги. Вода принимает участие в регулировании глобального и регионального климата, имеет самоочищающую способность за счет деятельности гидробионтов, способствует сохранению биоразнообразия путем переноса биомассы водами рек.

Культурные экосистемные услуги. Водные объекты являются источником эстетических ценностей, местом для рекреационной и познавательной деятельности (поставщик услуг для индустрии туризма), деятельности в области спорта и реабилитации здоровья.

Поддерживающие экосистемные услуги. Вода за счет большого и малого круговорота поддерживает функциональность других экосистем, служит средой обитания для гидробионтов, а также поддерживает жизнедеятельность видов, обитающих вблизи воды.

Результаты и обсуждение

В структуре возобновляемой части водных ресурсов России доминирует речной сток, большую его часть составляют крупные сибирские реки – Обь с Иртышом, Енисей и Лена, впадающие в Северный Ледовитый океан и выполняющие важнейшие регулирующие экосистемные услуги для всей Арктики.

Проводимые в течение последних 25 лет регулярные исследования фитопланктона Иртыша на всем его протяжении [7–10] позволили оценить экологическое состояние реки и дать прогноз направлению его изменений. В настоящем сообщении на основе имеющихся данных мы рассмотрим некоторые аспекты регулирующих экосистемных услуг, оказываемых Иртышом.

Самоочищающая способность реки обеспечивается, в первую очередь, фитопланктоном, являющимся основным продуцентом органического вещества и важным фактором формирования качества вод. Количествен-

ные оценки, связанные с развитием фитопланктона, по-прежнему считаются приоритетными среди биологических показателей, значительную роль при этом выполняют такие структурные показатели фитопланктона как таксономическая структура и видовой состав.

Таксономическая структура фитопланктона среднего Иртыша весьма разнообразна и отражает интенсивно идущий процесс эвтрофирования реки, начавшийся после сооружения в ее верхнем течении глубоководных водохранилищ. Придонный водосброс через плотины и интенсификация сельского хозяйства в бассейне реки обеспечили обогащение водных масс биогенами, что вызвало перестройку структуры фитопланктоценоза – возрастание доли зеленых водорослей и фитофлагеллят (эвгленовых и золотистых водорослей), способных к поглощению биогенов и органических веществ. Фитопланктоценоз реки отреагировал на идущие процессы, в его состав вошли те виды, которые способны интенсивно поглощать биогены и органические вещества и тем самым способствовать самоочищению реки. Этому же способствовало и возрастание видового богатства фитопланктона — в 2 раза в сравнении со временем низкой антропогенной нагрузки в бассейне Иртыша, т.е до строительства верхнеиртышских водохранилищ.

С течением времени (во втором десятилетии XXI века) антропогенная нагрузка в Обь-Иртышском бассейне в целом еще более возросла [11], к этому присоединилось глобальное потепление климата, что в совокупности вызвало изменения в таксономической структуре и видовом составе фитопланктона среднего течения Иртыша. Видовое богатство осталось на прежнем уровне, но видовой состав фитопланктона значительно изменился – в него вошел ряд новых видов из числа фитофлагеллят, обладающих способностью к поглощению органических веществ. Эти изменения в совокупности указывают на усиление процесса эвтрофирования и возрастание загрязнения вод реки легко окисляемыми органическими веществами.

В структуре фитопланктона также были выявлены достоверные изменения. Весной и летом возросла относительная доля эвгленовых водорослей в формировании численности и биомассы фитопланктона, причем особенно существенно – весной. Вклад зеленых водорослей в обилие фитопланктона, наоборот, снизился. Статистически значимых изменений вклада цианопрокариот в общую численность фитопланктона не выявлено, а изменение их доли в биомассе летнего фитопланктона не существенно.

В рамках концепции экологических модификаций это соответствует достаточно устойчивому состоянию экологической модуляции, но антропо-

погенное экологическое напряжение экосистемы среднего течения Иртыша сохраняется.

Таксономическая структура фитопланктона нижнего Иртыша в настоящее время имеет большое сходство со средним течением реки. Общее видовое богатство фитопланктона нижнего Иртыша по сравнению с данными 1968–1970 гг. [12] осталось на прежнем уровне, но в таксономической структуре были отмечены значительные изменения. Более, чем в 2 раза возросло видовое богатство эвгленид, существенно увеличилось число видов других фитофлагеллят – динофитовых и золотистых водорослей, что свидетельствует об усилении загрязнения нижнего течения реки легко окисляемыми органическими веществами [13].

Таким образом, функционирование фитопланктона среднего и нижнего течения Иртыша обеспечивает высокую самоочищающую способность реки, что соответствует выполнению регулирующей экосистемной услуги.

Другая экосистемная услуга водных ресурсов – перенос биомассы водами рек. Крупные сибирские реки, в т.ч. Иртыш, ежегодно выносят на север, в низкопродуктивные арктические экосистемы, огромные объемы биомассы, слагаемой из планктона, nekтона (рыб) и других составных частей водных биоценозов. Объем выносимой реками фитомассы зависит от стока реки и количественных показателей биомассы фитопланктона.

Следует отметить, что биомасса фитопланктона крупных сибирских рек в их среднем течении превышает показатели нижнего течения. Это было отмечено на Иртыше [13], Оби [14], Енисее [15]. Например, в среднем течении Иртыша летом 2017 г. биомасса составляла $4,58 \pm 0,25$ г/м³, а в нижнем – $3,28 \pm 0,05$ г/м³. В среднем течении Оби в июле 2019 г. биомасса фитопланктона достигала $5,99 \pm 0,57$ г/м³, а в нижнем течении – $4,71 \pm 0,89$ г/м³. После впадения в Обь реки Иртыш (10 км ниже устья Иртыша) отмечается значительное возрастание показателей обилия фитопланктона.

Показатели обилия фитопланктона в нижнем течении Оби [16] и Иртыша по сравнению с концом XX века существенно возросли, трофический статус обеих рек в настоящее время соответствует эвтрофной категории [13, 14]. Следовательно, возрастает и объем ежегодно выносимой реками фитомассы.

Возрастание трофического статуса крупных сибирских рек было зафиксировано еще в конце XX века. Этот процесс является следствием усиления антропогенной деятельности, а на крупных сибирских реках был вызван, прежде всего, масштабным гидростроительством.

Например, после возведения ряда ГЭС на Енисее и его притоках тро-

фический статус реки изменился от олиготрофного до мезотрофного с чертами эвтрофии [5]. Статус Иртыша после создания каскада верхнеиртышских ГЭС вырос до эвтрофного уровня [7].

Заключение

Таким образом, эвтрофирование крупных сибирских рек нельзя рассматривать только как негативный процесс, приводящий к ухудшению их экологического состояния. С точки зрения оказания реками регулирующей экосистемной услуги при эвтрофировании происходит увеличение выноса фитомассы в низкопродуктивные арктические экосистемы, и тем самым – их обогащение.

Кроме того, нужно помнить, что одновременно с повышением трофического статуса в реках на начальных стадиях эвтрофирования происходит существенное возрастание видового богатства фитопланктона, его биоразнообразия. Эти процессы были отмечены, например, в фитопланктоне среднего течения Иртыша.

Эвтрофирование – это глобальный процесс, приобретший ускорение в условиях возрастания антропогенной деятельности и роста населения. На начальных стадиях этого процесса мы наблюдаем, в аспекте оказания реками экосистемных услуг, в основном, положительный эффект. Главная задача – не допустить перехода эвтрофирования на завершающие этапы, когда водные экосистемы могут перейти в состояние регресса.

Чтобы избежать этого, необходимо применять для оценки водных ресурсов не только расчеты по водопотреблению и водоотведению, но и перейти к их реальной экономической оценке на основе учета экосистемных услуг. Этот путь, несомненно, долгий и трудный, но аналоги этого процесса уже имеются. Например, таким путем было внедрено в практику и нормативно-законодательный процесс понятие экологического ущерба.

Прорывом в этой области экономики природопользования стали работы Р. Констанзы и др., оценившие годовую экономическую стоимость некоторых экосистемных услуг для США. Например, общая ценность экосистемных услуг, оказываемых устьями крупных рек, составила (по данным на конец XX века) 4110 млрд долларов в год [17, 18]. В дальнейшем стоимость экосистемных услуг многократно возросла [19].

Проведенный нами краткий анализ экосистемных услуг, оказываемых крупными сибирскими реками, позволит в дальнейшем перейти к конкретным расчетам их стоимости с учетом меняющейся экологической ситуации.

Список источников

1. Бобылев С.Н., Захаров В.М. Экосистемные услуги и экономика. – М.: ООО «Типография ЛЕВКО», Институт устойчивого развития/Центр экологической политики России, 2009. – 72 с.
2. Бобылев С.Н., Горячева А.А. Идентификация и оценка экосистемных услуг: международный контекст / Вестник международных организаций 14. – 2019. – № 1. – С. 225–236.
3. Глазырина И.П. Природный капитал в экономике переходного периода. М.: НИИ-Природа, РЭФИА, 2001. – 204 с.
4. Тишков А.А. Биосферные функции природных экосистем России. – М.: Наука, 2005. – 309 с.
5. Фоменко Г.А. Денежная оценка природных ресурсов, объектов и экосистемных услуг в управлении сохранением биоразнообразия: опыт региональных работ / Г.А. Фоменко, М. А. Фоменко, К.А. Лошадкин, А.В. Михайлова, О.В. Ладыгина. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2012. – 128 с.
6. Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC [Электронный ресурс] – URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/879ecosystems.pdf> (дата обращения 12.12.2022).
7. Баженова О.П. Фитопланктон Верхнего и Среднего Иртыша в условиях зарегулированного стока / Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. – 248 с.
8. Сукцессии биоценозов Бухтарминского водохранилища / О.П. Баженова [и др.]; под общей ред. О.П. Баженовой. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2009. – 244 с.
9. Фитопланктон Омского Прииртышья / О.П. Баженова и др. Под общ. ред. О.П. Баженовой. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2019. – 320 с.
10. Баженова О.П., Барсукова Н.Н. К вопросу об оценке экологического состояния водных объектов на примере Обь-Иртышского бассейна / Экология и управление природопользованием: сб. науч. тр. V Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием, г. Томск, 15 ноября 2021 г.; под ред. А.М. Адама. Вып. 5. – Томск: Литературное бюро, 2022. – С. 10–12.
11. Пузанов А.В. и др. Современное состояние водных ресурсов и водохозяйственного комплекса Обь-Иртышского бассейна / Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: тр. III Всеросс. науч. конф. с междунар. участием: в 4 т. Барнаул. – 2017. – Т. 1. – С. 3–16.
12. Валеева Э.И. Флора планктонных водорослей нижнего течения Иртыша: автореф. дис. канд. биол. наук. – Свердловск, 1975. – 18 с.
13. Баженова О.П., Барсукова Н.Н. Современное состояние российского участка реки Иртыш по данным биомониторинга / Экосистемные

- услуги и менеджмент природных ресурсов: матер. Междунар. науч.-практ. конф., г. Тюмень, 28–30 ноября 2019 г. / Науч. ред. С.Н. Гашев. – Тюмень, Изд-во ВекторБук. – 2020. – С. 25–28.
14. Barsukova N.N., Bazhenova O.P., Kolesnichenko L. G. Phytoplankton as an indicator of the current ecological status of the Ob River // *Acta Biologica Sibirica*. – 2021. – No. 7. – P. 573-591. Doi: 10.3897/abs.7.e79236.
 15. Продукционно-гидробиологические исследования Енисея / Приймаченко А.Д. и др. – Новосибирск: ВО Наука, Сибирская издательская фирма, 1993. – 197 с.
 16. Митрофанова Е.Ю. Фитопланктон Нижней Оби, Обской и Гыданской губ летом 2015 года // *Известия АОРГО*. – 2016. – № 3 (42). – С. 61–71.
 17. Costanza R., d'Arge R, de Groot R, Farber St. et al. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital // *Nature*. – 1987. – Vol. 387. – P. 253–260.
 18. Costanza R., Daly H. Natural Capital and Sustainable Development // *Conservation Biology*. – 1992. – N 6. – P. 37–46.
 19. Costanza R. Стоимость мировых экосистемных услуг и природного капитала / R. Costanza, R. D'arge, R. De Groot, St. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, Sh. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton, M. Van Den Belt // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2011. – №1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stoimost-mirovyh-ekosistemnyh-uslug-i-prirodnogo-kapitala> (дата обращения: 15.12.2022).

Сведения об авторах

Баженова Ольга Прокопьевна, 1951 г.р, окончила Томский государственный университет им. В.В. Куйбышева по специальности «биология» в 1973 году. С 1998 года – профессор кафедры экологии, природопользования и биологии ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» (г. Омск, Россия). Область научных интересов: гидробиология, альгология, экология, биоиндикация качества поверхностных вод суши, природный капитал, экосистемные услуги.

Костерова Валентина Васильевна, 1991 г.р., в 2019 году окончила ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» (г. Омск, Россия) по направлению магистерской подготовки «экология и природопользование». С 2020 года – аспирант кафедры экологии, природопользования и биологии ФГБОУ ВО Омский ГАУ. Область научных интересов: устойчивое развитие, природный капитал, экосистемные услуги.