

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томское областное отделение Русского географического общества
Томское отделение Российского геологического общества**

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОГРАФИИ И ГЕОЛОГИИ

**К 100-летию открытия естественного отделения
в Томском государственном университете**

**Материалы
IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием**

Том II



Томск

16–19 октября 2017

ВЛИЯНИЕ БОБРОВЫХ ПЛОТИН НА СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА В ВОДОЕМАХ ПОЙМЫ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ОБИ

Рожкова-Тимина И.О.¹, Дудко А.А.², Мухортов В.В.¹

¹ *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск*

² *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск*

Аннотация. В данной работе исследовалось влияние речного бобра на водоемы среднего течения поймы Оби. При сравнении водоемов, подпруженных плотинами, с неподпруженными водотоками, а также при исследовании воды выше и ниже плотины в одном и том же озере было выявлено, что плотины способствуют существенному повышению в водоеме содержания углеродных соединений и снижению концентрации кислорода. Наши предварительные данные убедительно показывают, что нерегулируемая деятельность бобров имеет мощный негативный эффект в пойме, оценка масштабов которого требует дополнительных исследований.

Ключевые слова: пойма, бобры, плотина, углерод, кислород.

THE INFLUENCE OF BEAVER DAMS ON THE CARBON CONTENT IN THE WATERBODIES OF THE FLOODPLAIN MIDDLE REACHES OF THE OB RIVER

Rozhkova-Timina I.O.¹, Dudko A.A.², Mukhortov V.V.¹

¹ *National Research Tomsk State University, Tomsk*

² *National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

Abstract. This work shows the beavers effect on the middle-Ob floodplain ponds. By comparison of dammed lakes and free streams as well as water above and below the dam in the same lake, it was found that the dams increase quantity of carbon compounds and decrease concentration of oxygen in the pond. Our advanced data convincingly demonstrate that uncontrollable beavers' activities have powerful negative effect in the floodplain. The estimation of its scale requires additional researches.

Key words: floodplain, beavers, dam, carbon, oxygen.

Введение. В естественных экосистемах бобры (*Castor spp.*) влияют на биогеохимический цикл углерода, создавая условия для накопления осадков в потоках и обеспечивая бескислородную среду, подходящую для значительного метаногенеза. Согласно исследованию, проведенному Фордом и Найманом [14], содержание метана было в 33 раза больше в бобровых прудах, чем в водотоках. Другие авторы показали, что бобровые пруды являются крупным источником CO₂ и CH₄, и они могут высвобождать более 200 г углерода на метр в год [12; 17; 22; 23].

В России, особенно в бассейне реки Обь, проживает наиболее обширная популяция речного бобра [13]. Мы оценили влияние евразийских бобров на все связанные с углеродом переменные. Для этого мы сравнили озера с бобровыми плотинами и неподпруженные водотоки поймы реки Обь и рассмотрели полученные результаты в свете их важности для регионального углеродного цикла.

Материалы и методы. Река Обь берет свое начало в Алтайском крае в месте слияния рек Бия и Катунь. Это самая крупная река в Западной Сибири и седьмая по длине в мире. Пойма Оби – вторая в мире по величине – достигает в ширину 60 километров и имеет на своей территории множество рек, притоков и озер [7; 10; 18; 19]. Она может рассматриваться как основной регулятор транспорта растворенного углерода и связанных с ним элементов от суши к Северному Ледовитому океану [20]. Район исследования лежит в Кривошеинском районе Томской области, что соответствует среднему течению р. Оби.

Речной бобр (*Castor Fiber*) относится к отряду грызунов, семейству бобровых. В начале XX века был почти истреблен (общая численность не превышала 900 особей [11]), однако благодаря принятым мерам теперь встречается практически по всей лесной зоне и в лесостепи европейской части России, в Западной Сибири, Прибайкалье и низовье Амура [9]. Несмотря на то, что западносибирский подвид речного бобра занесен в Красную Книгу России [4], по данным Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области за 2012 год, в Томской области находилось 5160 бобров при оптимальной численности 3896 особей; из них в Кривошеинском районе 268 (при оптимальной 61) [8]. По оценкам В.К. Попкова (Попков, устное сообщение) на участке поймы средней Оби площадью 30 км² находится около 10 бобровых плотин, на которых проживает около 15 семей, состоящих из 5-8 особей.

Являясь инженерным видом, в своей жизнедеятельности бобры преобразуют окружающую среду для своих нужд, строя хатки и плотины. Хатки строятся для проживания в местах, где рытьё норы невозможно, и имеют вид конусообразной кучи хвороста, скреплённого илом и землёй, высотой до 1-3 м и диаметром до 10-12 м. Плотины же бобры возводят для подъема, поддержания и регулирования уровня воды в водоеме, чтобы входы в хатки и норы не осушились и не стали недоступными для хищников. Это происходит в водоемах с изменяющимся уровнем воды, а также на мелких ручьях и речках. В результате постройки плотин затапливаются обширные участки поймы, происходит вымокание имеющихся там травянистых и древесных видов. Ниже плотины из-за нехватки кислорода возникают заморные явления [1; 2; 3; 5, 6, 12].

В рамках исследования летом 2016 года были изучены 10 объектов Обской поймы: пять озер с наличием бобровых плотин и пять неподпруженных водотоков. На них были измерены следующие показатели: содержание растворенного диоксида углерода (CO₂), растворенный органический углерод (РОУ), растворенный неорганический углерод, концентрация метана, кислород, рН, показатель биологического потребления кислорода (БПК₅), содержание хлорофилла. Замеры и отборы проб проводились выше плотины, уровень воды ниже плотины был слишком низким. В октябре 2016 года часть озер была исследована повторно, при этом уровень воды позволял провести исследование с обеих сторон от плотины.

Работы проводились следующим образом: для измерения растворенного CO₂ в воде датчик GM70 Hand-Held Carbon Dioxide Meter, Vaisala® опускался на глубину 2 м, после чего фиксировалось значение с индикатора. Пробы воды для анализа на метан отбирались в боросиликатные бутылки объемом 25 мл, которые плотно закрывались при отсутствии пузырьков воздуха в пробе. Далее проба консервировалась насыщенным раствором HgCl₂. Позже проба анализировалась на газовом хроматографе Bruker GC-456. Для определения растворенного кислорода и рН в воде использовался мультиметр WTW Multi3320 (логгеры рН-Electrode SenTix® 41 и WTW TetraCon 325 CelloX 325). Растворенный органический и неорганический углерод анализировались на Carbon Total Analyzer (Shimadzu TOC VSCN). Содержание хлорофилла в воде анализировалось методом флуоресценции анализатором PHTO-PAM, Phytoplankton Analyzer System (Walz®).

Результаты и обсуждение. Плотины образуют механический барьер и этим способствуют накоплению питательных веществ и аллохтонной биомассы, что благоприятно сказывается на продуцировании парниковых газов CH₄ и CO₂ [16]. Таким образом, продолжающийся рост популяции и распространение бобров в природных экосистемах способствует увеличению эмиссии метана [21]. Более того, известно, что накопление питательных веществ (которое может быть вызвано деятельностью бобров) увеличивает автохтонную первичную продукцию в озерах, способствуя потреблению кислорода и анаэробному разложению в осадках, что приводит к увеличению выбросов CH₄ и CO₂ из водоемов в атмосферу [15].

Летние замеры показали следующие значения (среднее ± станд.отклонение, в подпруженных и неподпруженных водоемах, соответственно): CH₄ составил 15,26±3,9 мкмоль/л и 0,75±0,87 мкмоль/л, растворенный CO₂ - 8484±1966 ppm и 2758±1140 ppm, растворенный органический углерод - 10,4± 2,2 ppm и 5,9±2,7 ppm. При этом растворенный неорганический углерод и рН незначительно различаются между двумя видами водоемов. Так как растворенный кислород и хлорофилл зеленых водорослей в водоемах с плотинами ниже, то исключается

возможность увеличения растворенного CO₂ (и, следовательно, РОУ) из-за высокого уровня фотосинтеза. Более высокие значения показателя БПК и растворенного кислорода в свободных водотоках могут являться индикаторами необходимости кислорода для аэробного микробного метаболизма органического вещества в воде и демонстрировать малоокислородные или даже полностью анаэробные условия в озерах с плотинами.

Осенние исследования наглядно продемонстрировали влияние плотины на содержание углерода и связанных с ним параметров в водоеме. Были получены следующие значения (среднее ± станд.отклонение, выше и ниже плотины, соответственно): содержание метана составило 2,6±3,5 мкмоль/л и 41,7±11,4 мкмоль/л, растворенный CO₂ - 4095±403 ppm и 7320±254 ppm, кислород - 42,3±5,9% и 1±1,3%. То есть в одном и том же водоеме по разные стороны от плотины содержание метана различается в шесть и более раз, растворенного CO₂ – почти в два раза, а содержание кислорода – в сорок раз.

Заключение. Несмотря на официальные данные об избыточной численности вида *Castor Fiber* в средней части поймы Оби, он по-прежнему находится в Красной Книге России. Это препятствует искусственному снижению его численности. Многосторонняя средообразующая деятельность бобров, которых относят к группе инженерных видов, является мощным экологическим фактором, влияющим на весь пойменный комплекс. На основании полученных данных можно сделать вывод о существенном вкладе деятельности бобров в региональный углеродный цикл. Постройкой плотин бобры увеличивают концентрацию в воде ниже плотины углеродсодержащих соединений, что приводит к заморным явлениям. Исследования носят предварительный характер, и оценка масштабов деятельности бобров в пойме требует более продолжительного и детального изучения.

Литература

1. *Барабаш-Никифоров И. И.* Бобр и выхухоль как компоненты водно-берегового комплекса. Воронеж, 1950. 106 с.
2. *Завьялов Н.А., Крылов А.В., Бобров А.А., Иванов В.К., Дгебуадзе Ю.Ю.* Влияние речного бобра на экосистемы малых рек. М.: Наука, 2005. 186 с.
3. *Завьялов Н.А.* Средообразующая деятельность бобров: новые работы и гипотезы // Исследования бобров в Евразии. Киров, 2011. Вып.1. С.41–52.
4. Красная Книга России. Речной бобр, западносибирский подвид. [Электронный ресурс]: BioDat. 2000. Т.1. URL: <http://biodat.ru/db/rb/rb.php?src=1&vid=374>
5. *Мухаметзянов М.З., Рахимов И.И., Сайфуллин Р.Р.* Средообразующая деятельность бобра в различных экосистемах Татарстана // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2013. Т. 213. С. 166–170.
6. *Осипов В.В.* Влияние средообразующей деятельности речного бобра *Castor Fiber L.* На рыбные ассоциации малых рек заповедника «Приволжская лесостепь» // Поволжский экологический журнал. 2011. Т.3. С.378–385.
7. *Петров И.Б.* Обь-Иртышская пойма. Типизация и качественная оценка. Новосибирск: «Наука», 1979. 136 с.
8. Приказ Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области № 148 от 05.04.2012 г. «О добычании охотничьих ресурсов в период весенней охоты 2012 года».
9. Речной бобр. [Электронный ресурс]: Академик. Животные России. Справочник. URL: http://animals.academic.ru/1653/Речной_бобр
10. *Савичев О. Г.* Реки Томской области: состояние, охрана и использование. Томск: Изд-во ТПУ, 2003. 202 с.
11. Состояние охотничьих ресурсов в РФ в 2008-2010 гг. Информационно-аналитические материалы. // Охотничьи животные России (биология, охрана, ресурсоведение, рациональное использование) Выпуск 9. М.: ГУ Центрохотконтроль, 2011. 219 с.

12. Часовских С.Н. Речной бобр (*Gastor fiber* L., 1758) на Алтае и пути его дальнейшего расселения // Современные проблемы геоэкологии горных территорий: материалы 2-й Международной научно-практической конференции, 10-12 декабря 2007 года Горно-Алтайск, 2007. С.340–344.
13. Bubier J. L., Moore T. R., Roulet N. T. Methane emissions from wetlands in the midboreal region of northern Ontario, Canada // *Ecology*. 1993. Vol. 74(8). P. 2240–2254.
14. Collen P., Gibson R. J. The general ecology of beavers (*Castor* spp.), as related to their influence on stream ecosystems and riparian habitats, and the subsequent effects on fish—a review // *Reviews in fish biology and fisheries*. 2000. Vol. 10(4). P. 439–461.
15. Ford T. E., Naiman R. J. Alteration of carbon cycling by beaver: methane evasion rates from boreal forest streams and rivers // *Canadian Journal of Zoology*. 1988. Vol. 66(2). P.529–533.
16. Huttunen J. T., Alm J., Liikanen A., Juutinen S., Larmola T., Hammar T., Martikainen P. J. Fluxes of methane, carbon dioxide and nitrous oxide in boreal lakes and potential anthropogenic effects on the aquatic greenhouse gas emissions // *Chemosphere*. 2003. Vol. 52(3). P. 609–621.
17. Liikanen A., Martikainen P. J. Effect of ammonium and oxygen on methane and nitrous oxide fluxes across sediment–water interface in a eutrophic lake // *Chemosphere*. 2003. Vol. 52(8). P.1287–1293.
18. Roulet N. T., Crill P. M., Comer N. T., Dove A., Boubonniere R. A. CO₂ and CH₄ flux between a boreal beaver pond and the atmosphere // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 1997. Vol. 102(D24). P. 29313–29319.
19. Rozhkova-Timina I.O., Zemtsov V.A., Vorobyev S.N., Kolesnichenko L.G., Loyko S.V., Kirpotin S.N. The relevance of the contemporary landscape-ecological and biogeochemical studies of the Ob floodplain // *Tomsk State University Journal of Biology*. 2016. Vol. 3(35). P. 182–200.
20. Viers J., Barroux G., Pinelli M., Seyler P., Oliva P., Dupré B., Boaventura G. R. The influence of the Amazonian floodplain ecosystems on the trace element dynamics of the Amazon River mainstem (Brazil) // *Science of the total environment*. 2005. Vol. 339(1). P. 219–232.
21. Vorobyev S. N., Pokrovsky O. S., Kirpotin S. N., Kolesnichenko L. G., Shirokova L. S., Manasyrov R. M. Flood zone biogeochemistry of the Ob River middle course // *Applied Geochemistry*. 2015. Vol. 63. P.133–145.
22. Whitfield C. J., Baulch H. M., Chun K. P., Westbrook C. J. Beaver-mediated methane emission: The effects of population growth in Eurasia and the Americas // *Ambio*. 2015. Vol. 44(1). P. 7–15.
23. Yavitt J. B., Angell L. L., Fahey T. J., Cirno C. P., Driscoll C. T. Methane fluxes, concentrations, and production in two Adirondack beaver impoundments // *Limnology and Oceanography*. 1992. Vol. 37(5). P. 1057–1066.

УДК 556.535.5

СОВРЕМЕННОЕ ПОНИМАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЛЕДОВЫХ ЗАТОРОВ

Тарасов А.С.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск

Аннотация. В статье рассматриваются основные на сегодняшний день аспекты изучения заторов льда, достижения в исследовании проблемы ледовых заторов как важного компонента ледового режима многих рек северного полушария.

Ключевые слова: ледовые заторы, ледовый режим, речная гидрология, речная гидравлика

MODERN UNDESTANDING OF THE PROBLEM OF ICE JAMS

Tarasov A.S.

National Research Tomsk State University, Tomsk