

ОСОБЕННОСТИ ГАЗОВОГО РЕЖИМА В ПОЙМЕННЫХ ВОДОЕМАХ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ОБИ

И.О. Рожкова-Тимина¹

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

PECULIARITIES OF GAS REGIME IN FLOODPLAIN LAKES IN THE OB'S MIDDLE COURSE

I.O. Rozhkova-Timina¹

¹Tomsk State University, Tomsk, Russia

Обь является одной из крупнейших рек мира, а ее пойма - вторая по ширине. Пойменные процессы играют важную роль в формировании углеродного цикла. Мы измерили суточную и годовую динамику концентраций растворенных CO₂ и O₂ в типичных пойменных озерах. Углерод накапливается в подледный период, максимальные концентрации кислорода отмечаются в период половодья. Суточная динамика растворенных газов зависит от сезона года.

The Ob is one of the largest rivers in the world, and its floodplain is the second wide. Flood processes play a significant role in the formation of the carbon cycle. We measured the daily and annual dynamics of dissolved CO₂ and O₂ concentrations in typical floodplain lakes. Carbon is accumulated in the under-ice period, the maximum oxygen concentrations are recorded during the flood period. The daily dynamics of dissolved gases depends on the season of the year.

Введение.

Реки, их притоки и пойменные озера часто являются источником углерода. Это активные участники формирования глобального углеродного цикла (Kwon 2016, Широкова 2015, Jammet 2017). Эмиссии углерода оказывают большое влияние на климат (Zak 2016, Polishchuk 2018).

Обь является одной из крупнейших рек мира, протекая от Алтая до Обской губы, и проходит своим течением практически через все ландшафтно-климатические зоны. Общая протяженность реки составляет 3600 км., площадь бассейна Оби - 2990 тыс. км². Обь является одним из основных переносчиков растворенного вещества с земли в Северный Ледовитый океан. В своем течении Обь делится на три отрезка: верхняя (от истока до впадения Томи), средняя (от устья Томи до устья Иртыша) и нижняя Обь (от Иртыша до Обской губы) [Петров 1979, Vorobyev 2015]. В среднем течении река Обь представляет типичную равнинную реку с малыми уклонами. Ширина поймы достигает 40 км, это вторая по величине пойма в мире [Vorobyev 2015]. Тем не менее, она практически не изучена.

Пойма – динамичная система, и газовый состав пойменных водоемов очень нестабилен. Одной из характеристик рек и озер является недостаток кислорода в воде. Кислород поступает в воду в течение лета, зимой же его приток из атмосферы прекращается из-за ледяного покрова. При этом кислород продолжает использоваться для дыхания водными растениями и микроорганизмами. После вскрытия льда огромное количество диоксида углерода и других газов выбрасывается в атмосферу или уходит с полыми водами вниз по течению [Алекин 1953]. Процессы, связанные с окислением органического вещества (дыхание организмов, ферментация, разложение органических остатков) влияют на концентрации CO₂ и O₂ в воде [Алекин 1953, Denfeld 2016, Hampton 2017]. Таким образом, пойменные процессы оказывают влияние на большие территории.

Материалы и методы.

Исследования проводились на стационаре Кайбасово в Кривошеинском районе Томской области, расположенном в пойме Оби (N57.246142, E84.181919). Измерения проводились в реке Обь и пяти пойменных озерах каждый сезон в 2016-2017: осенью, в конце зимы перед началом активного снеготаяния, во время весеннего половодья и в летнюю межень. Для проведения зимних замеров лед бурился специальным буром. В водоемах измерялись следующие параметры: растворенные диоксид углерода (CO₂) и кислород (O₂), электропроводность, pH, температура. В одном из выбранных типичных озер проводились дополнительные замеры тех же самых параметров по продольному профилю (по центру озера каждые 80 метров) и трем поперечным.

Так же наше оборудование позволило нам фиксировать те же самые показатели каждые пять минут в течение суток.

Концентрация растворенного CO₂ в воде измерялась прибором GM70 Hand-Held Carbon Dioxide Meter, Vaisala®, для остальных использовался WTW Multi 3320 с различными сенсорами. Для оценки взаимосвязей между характеристиками водоема и сезоном года проводился однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с использованием программного обеспечения Statistica 6.0.

Результаты и обсуждение.

Типичные озера центральной поймы среднего течения Оби расположены в межгрядных понижениях и ежегодно затапливаются паводковыми водами. Они имеют вытянутую форму и окружены высокими гривами с развитой кустарниковой и луговой растительностью. Пологие склоны к озеру в средней части гривы заняты заkochкаранными разнотравно-дернистоосоковыми фитоценозами.

Как правило, доминирует осока дернистая (*Carex cespitosa* L.), кочки которой имеют высоту от 25 до 50 см и 25-35 см в диаметре, занимают около 60% площади. Содоминантами (проективное покрытие 6-7%) являются *Fillipendula ulmaria* Maxim., *Thalictrum flavum* L. и *Veronica longifolia* L. В небольшом обилии (1-3%) встречаются *Calamagrostis purpurea* Trin., *Sanguisorba officinalis* L., *Lathyrus pratensis* L., *Galium boreale* L. и др. Всего наблюдается 17 видов. В воде озера развиты группировки *Cicuta virosa* L., *Equisetum fluviatile* L., *Hydrocharisma morsus-ranae* L., *Stratiotes aloides* L. Последние два вида формируют сплошной покров на мелководьях.

В год, когда проводились активные исследования, ледостав в средней части Оби начался во второй декаде ноября 2016, а лед тронулся на последней неделе марта 2017. Пойменные озера были покрыты льдом до середины апреля.

Концентрации растворенных CO₂ и O₂ значительно меняются в течение года. Наше исследование подтверждает известную по литературным данным [Алекин 1953, Хатчинсон 1969, Denfeld 2016, Hampton 2017] обратную связь между содержанием CO₂ и O₂.

В реке Обь наименьшее содержание CO₂ было отмечено летом, наибольшее зимой. Концентрации CO₂ постепенно увеличиваются с самого начала ледостава и достигают максимума в декабре-январе. В этот период обратная зависимость концентраций CO₂ и O₂ нарушается. Лед препятствует проникновению солнечного света, и процесс фотосинтеза прекращается. В марте концентрации кислорода достигают своего минимума, а содержание CO₂ увеличивается. Данное явление типично для бассейна Оби и является причиной заморов рыб. В конце марта за счет притока талой воды уровень кислорода начинает повышаться. После вскрытия льда вода обогащается кислородом, одновременно выпуская в атмосферу значительное количество CO₂. Кислород держится приблизительно на том же уровне до начала следующего ледостава, а концентрации CO₂ постепенно увеличиваются в конце лета и осенью. Это связано с тем, что растворимость диоксида углерода повышается при понижении температуры (Хатчинсон 1969).

В пойменных озерах во время зимней межени (февраль-март) мы наблюдали наиболее высокие концентрации диоксида углерода. Во время весеннего половодья концентрации были значительно ниже, в течение второй половины лета и осени они увеличивались. Также прослеживается обратная годовая динамика концентрации растворенного O₂: она достигает максимума в период половодья, когда вода насыщается кислородом после вскрытия льда.

Выбранное для дополнительных исследований озеро имеет примерно 730 м в длину и 50 м в ширину. Наши измерения показали днем более высокое содержание O₂ в центре озера и более низкое (с одновременным повышением концентрации растворенного CO₂) у берегов. Также мы отметили, что водная растительность сильно влияет на содержание растворенных газов в воде: возле растений концентрации CO₂ выше, что вероятнее всего связано с процессом дыхания. Особенно низкие концентрации кислорода и высокие концентрации CO₂ наблюдались около телореза *Stratiotes aloides* L.

Суточными замерами мы установили динамику O₂ и CO₂ в озере за двадцать четыре часа. Во время безледного периода CO₂ растет в течение ночи и достигает максимума с 6 до 8 утра, затем начинает снижаться. Это связано с прекращением процесса фотосинтеза в ночное время суток. Однако зимой, когда озеро покрыто льдом, разницы между дневными и ночными значениями не

было: уровень CO₂ неизменен или же медленно и стабильно увеличивается. Соответственно, концентрации кислорода имеют обратную динамику.

Интересно, что для реки Обь данная закономерность неверна. Вероятно, грунтовые воды и притоки оказывают большее влияние на состав главной реки, чем процессы фотосинтеза и дыхания.

Заключение.

Пойма – важная часть любого речного бассейна. В ней происходят процессы, связанные с содержанием газов в воде и атмосфере. Самый важный период – это весеннее половодье, когда вода насыщается кислородом. Пойма Оби занимает весьма обширные территории, и этим обусловлено ее влияние на глобальный круговорот веществ.

Ледяной покров играет важную роль в цикле углерода: пять-шесть месяцев в год он препятствует газовому обмену между водой и атмосферой и оказывает влияние на суточную динамику газов в озере. Кислород не поступает в воду из атмосферы, так же отсутствует процесс фотосинтеза, при этом кислород продолжает использоваться для дыхания водными растениями и живыми организмами. Это приводит к увеличению концентрации растворенного диоксида углерода в зимнее время. Результатом являются зимние заморы рыб и других водных организмов, а также высокие эмиссии CO₂ в атмосферу после таяния льда.

Литература

1. Kwon M.J., Heimann M., Kolle O., Luus K.A., Schuur E.A., Zimov N., Zimov S.A., Gockede M. Long-term drainage reduces CO₂ uptake and increases CO₂ emission on a Siberian floodplain due to shifts in vegetation community and soil thermal characteristics // *Biogeosciences*. 2016. №13. P.4219-4235. doi:10.5194/bg-13-4219-2016
2. Широкова В.И., К.М. Чубинская, К.Т. Орехова, В.Ф. Ланской, Н.П. Милицин. Физико-химические условия водоемов Мордовского государственного заповедника // *Труды Мордовского государственного природного заповедника имени П.Г. Смидовича*, № 13 (13), 2015. - С. 233-299.
3. Jammot M., Dengel S., Kettner E., Parmentier F.-J. W., Wik M., Crill P., Friborg T. Year-round CH₄ and CO₂ flux dynamics in two contrasting freshwater ecosystems of the subarctic // *Biogeosciences*. 2017. №14. P.5189-5216. doi:10.5194/bg-14-5189-2017
4. Zak D., Reuter H., Augustin J., Shatwell T., Barth M., Gelbrecht J., McInnes R. J. Changes of the CO₂ and CH₄ production potential of rewetted fens in the perspective of temporal vegetation shifts // *Biogeosciences*. 2015. №12. P.2455-2468. doi:10.5194/bg-12-2455-2015
5. Polishchuk Y.M., Bogdanov A.N., Muratov I.N., Polishchuk V. Y., Lim A., Manasyrov R.M., Shirokova L.S., Pokrovsky O. S. Minor contribution of small thaw ponds to the pools of carbon and methane in the inland waters of the permafrost-affected part of the Western Siberian Lowland // *Environ. Res. Lett.* 2018. Vol.13 №045002. doi:10.1088/1748-9326/aab046
6. Петров И.Б. Обь-Иртышская пойма. Типизация и качественная оценка земель. - Новосибирск: Наука, 1979. – 136 с.
7. 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. №63. P.133-145. doi: 10.1016/j.apgeochem.2015.08.005
8. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1953. – 296 с.
9. Denfeld B A, Kortelainen P., Rantakari M., Sobek S., Weyhenmeyer G. A. Regional variability and drivers of below ice CO₂ in boreal and subarctic lakes // *Ecosystems*. 2016. №19. P.461-476. doi: 10.1007/s10021-015-9944-z
10. Hampton S.E. et al. Ecology under lake ice // *Ecology letters*. 2017. №20. P.98-111. doi: 10.1111/ele.12699
11. Хатчинсон Д. Лимнология. Географические, физические и химические характеристики озер. – М.: изд. Прогресс, 1969. – 591 с.