

# БОЛОТНЫЙ «КОНДИЦИОНЕР» ПЛАНЕТЫ

Большое Васюганское болото. Западная Сибирь  
Фото А. Тупицыной

С. Н. КИРПОТИН

Люди на протяжении столетий боролись с болотами и в некоторых странах даже практически победили... О чем вскоре пришлось пожалеть: оказалось, что болота делают для биосферы очень много, начиная от хранения и очистки пресной воды и заканчивая регулированием речного стока и поддержанием биологического разнообразия. А с потеплением климата на первый план вышла еще одна глобальная функция болотных экосистем как крупнейшего мирового «депо» углерода

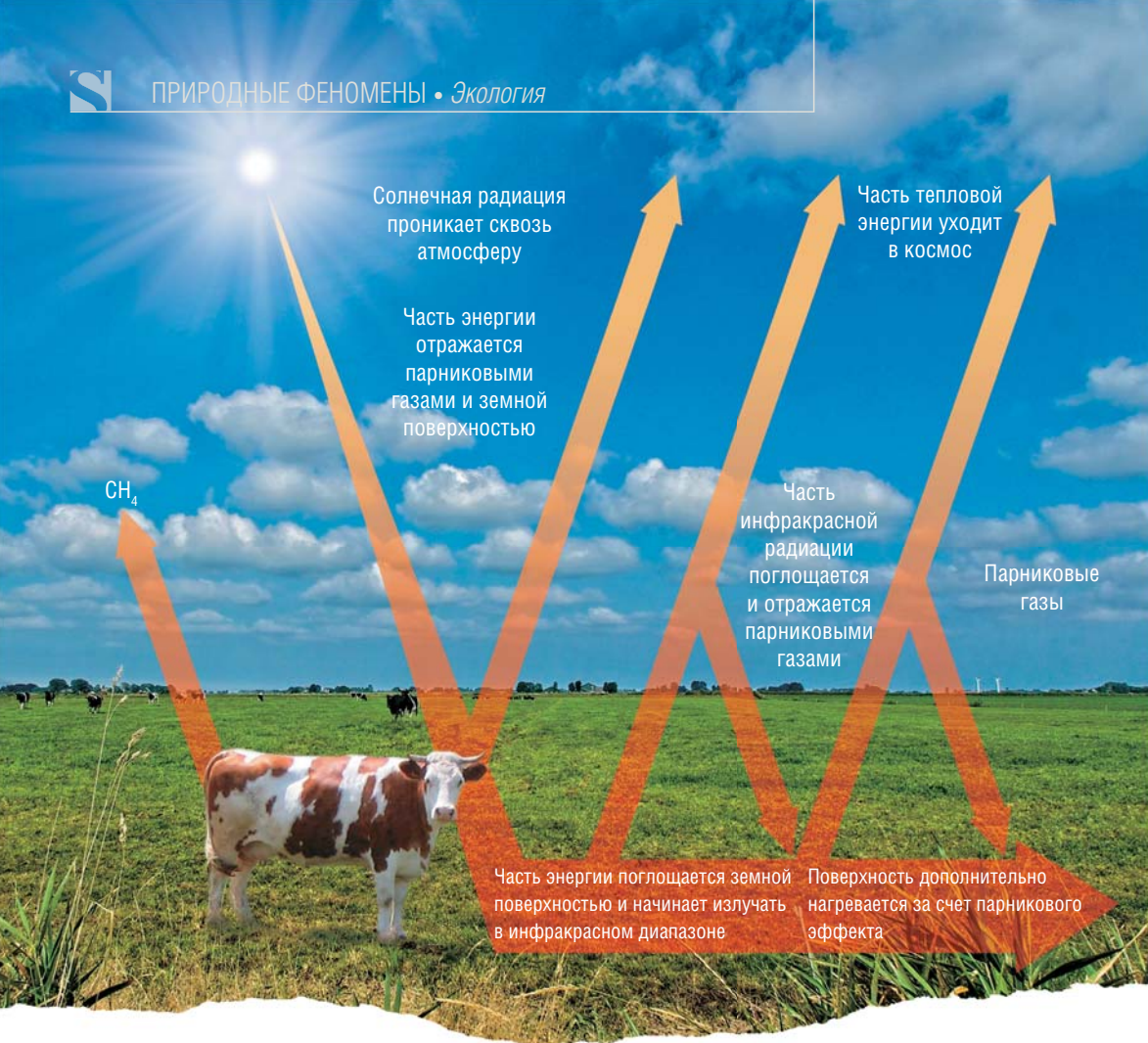


КИРПОТИН Сергей Николаевич – доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники и директор Центра *Bio-Clim-Land* Национального исследовательского Томского государственного университета. Соорганизатор, соруководитель и координатор ряда научных международных и российских биосферных проектов. За развитие франко-российского сотрудничества в 2015 г. стал кавалером французского ордена Академических пальм. Автор и соавтор более 130 работ, в том числе 4 монографий и 5 учебных пособий

**Ключевые слова:** парниковый эффект, углекислый газ, метан, углерод, Западная Сибирь, болото, Большое Васюганское болото, торфяники.

**Key words:** greenhouse effect, carbon dioxide, methane, carbon, western Siberia, bog, Great Vasyugan Mire, peatlands

© С. Н. Кирпотин, 2021



Сегодня, отвечая на вопрос о глобальных угрозах, большинство назовут пандемию COVID-19. И будут неправы. Даже несмотря на высокую смертность и беспрецедентные социально-экономические последствия, распространение коронавирусной инфекции не угрожает существованию человечества как части биосферы. Чего нельзя сказать о *глобальном потеплении* – устойчивом повышении среднегодовой температуры приземной атмосферы (в среднем на один градус за столетие), которое стали отмечать с началом индустриализации в середине XIX в.

В истории нашей планеты периоды глобального похолодания не раз сменялись периодами глобального потепления, и споры о причинах этих циклических климатических изменений не утихают. Среди возможных факторов влияния – как астрономические, включая солнечную активность, так и планетарные, например движения материков, меняющие океанические течения, или активный вулканизм (Добрецов, 2010).

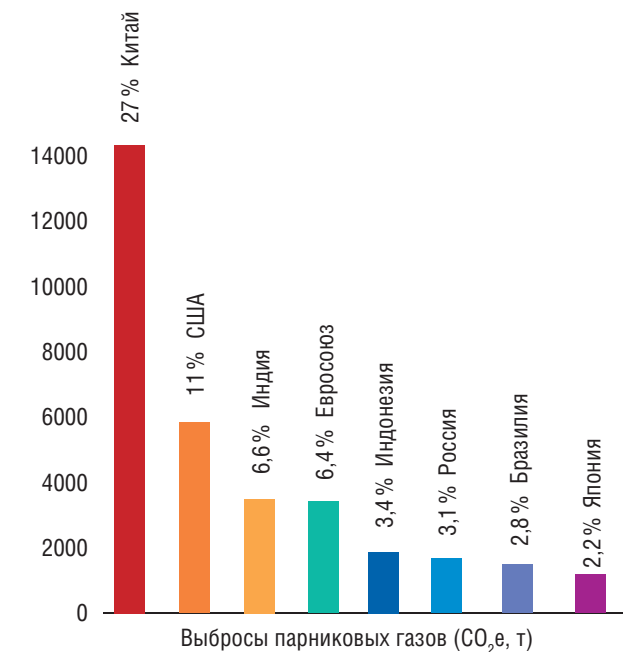
Так или иначе, но за последние 600 тыс. лет климат Земли испытал несколько периодов потепления за счет роста *парникового эффекта* – увеличения притока солнечной радиации в результате накопления в атмосфере *парниковых газов*. К таким газам, помимо паров воды, относятся в первую очередь *углекислый газ* (CO<sub>2</sub>), способный долгое время оставаться в атмосфере в неизменном состоянии, а также *метан* (CH<sub>4</sub>), *закись азота* (N<sub>2</sub>O) и др.

Нынешнее глобальное потепление также сопровождается отчетливо выраженным ростом атмосферных концентраций CO<sub>2</sub>. За последние 70 лет

На верхнюю границу земной атмосферы поступает около 1,5 кВт солнечной энергии, причем около трети отражается обратно в космос. В результате планета нагревается и, как любое нагретое тело, начинает излучать энергию. На упрощенной схеме отражения, поглощения и рассеивания солнечной энергии, поступающей на Землю (вверху), показан механизм, отвечающий за парниковый эффект, который возникает в результате обогащения атмосферы парниковыми газами, в первую очередь парами воды, углекислым газом и метаном. По: (Панченко, Белан, 2009)

Как известно, более 40% углерода наземной растительности сосредоточено в тропических лесах. А за счет больших запасов в почве лесов умеренных широт «мертвого» органического вещества их роль в депонировании углерода оценивается не менее высоко. По некоторым данным, в российских лесах, в первую очередь темных хвойных, содержится до 10–25% всего «лесного» углерода планеты (Исаев и др., 2004).

Однако роль лесных экосистем в депонировании углерода может оказаться сильно преувеличенной. При достижении зрелости фотосинтетическая активность и продуктивность леса падают, и из поглотителя CO<sub>2</sub> он может превратиться в его источник (Duffy *et al.*, 2021). Такое случается при масштабных лесных пожарах, участившихся в связи с потеплением климата (Walker *et al.*, 2019), и других антропогенных воздействиях. К примеру, за последние два десятилетия 10 из 257 лесов на объектах Всемирного наследия ЮНЕСКО выбросили больше CO<sub>2</sub>, чем поглотили (UNESCO, WRI, IUCN, 2021)



Крупнейшие мировые страны-эмитенты парниковых газов на 2019 г. Данные представлены в пересчете на CO<sub>2</sub>-эквивалент (CO<sub>2</sub>e) – условную единицу, которую используют для расчета углеродного следа и равную одной метрической тонне углекислого газа. По данным Rhodium Group

Мох сфагнум – одно из главных растений-торфообразователей. Большое Васюганское болото. Фото А. Тупицыной





его содержание увеличилось на треть, причем этот «лишний» углекислый газ появился в результате хозяйственной деятельности человека, в первую очередь сжигания ископаемого топлива, о чем убедительно свидетельствует изотопный состав углерода, поступающего в атмосферу. Нарушению углеродного баланса способствовало и активное антропогенное воздействие на природную среду, что привело к уменьшению площади лесов и загрязнению Мирового океана – важнейших естественных «поглотителей» углекислого газа.

В феврале 2005 г. вступил в действие Киотский протокол – международный договор, на основе рыночных механизмов регламентирующий выбросы парниковых газов стран-участников, включая Россию. Дальнейшим шагом в сдерживании антропогенного влияния на климат стало заключение в 2015 г. Парижского соглашения по климату, которое подписали 197 стран.

В расчетных механизмах Киотского протокола, а затем и Парижского соглашения для каждой страны учитывается не только объем выбросов углекислого газа, но и потенциал его поглощения. А поскольку в вопросах поддержания экологического благополучия планеты пальма первенства, как правило, отдается

лесам, то в этих документах фигурируют именно лесные экосистемы, их площадь и способность к депонированию углерода.

Но леса не единственное и даже не главное хранилище углерода на суше: оказывается, что в роли «аккумуляторов» они значительно уступают... обычным торфяным болотам.

### Ловушка для углерода

Любая «мертвая органика», от опавших листьев до погибших вековых стволов, рано или поздно начинает разлагаться, так что на конечном этапе депонированный углерод вновь попадает в атмосферу в виде углекислого газа. Однако в заболоченных местах, где нет доступа кислорода, органические остатки не разлагаются полностью, а накапливаются в виде *торфа*. Эти процессы идут тысячелетиями, в результате чего толщина торфяных пластов может достигать 10 м. И если в лесах умеренного пояса круговорот углерода составляет в среднем полтора столетия, то болота изымают его по меркам нашей жизни навечно.

**Для человека болота всегда были фактором, ограничивающим хозяйственную деятельность, что связано в первую очередь со слабой несущей способностью грунтов и высокой, к тому же переменной, увлажненностью почвы (Berezin *et al.*, 2014). Все это очень усложняет строительство, особенно линейных объектов, таких как дороги, ЛЭП и трубопроводы. Влияние болот распространяется и на прилегающие леса: болотные и лесные ландшафты находятся в постоянном взаимодействии, периодически сменяя друг друга по границе контакта. Такое соседство значительно снижает хозяйственную ценность лесов из-за избыточного сезонного увлажнения почв и образования глеевых почвенных горизонтов со слабой аэрацией и низкой фильтрационной способностью (Глебов, 1988)**

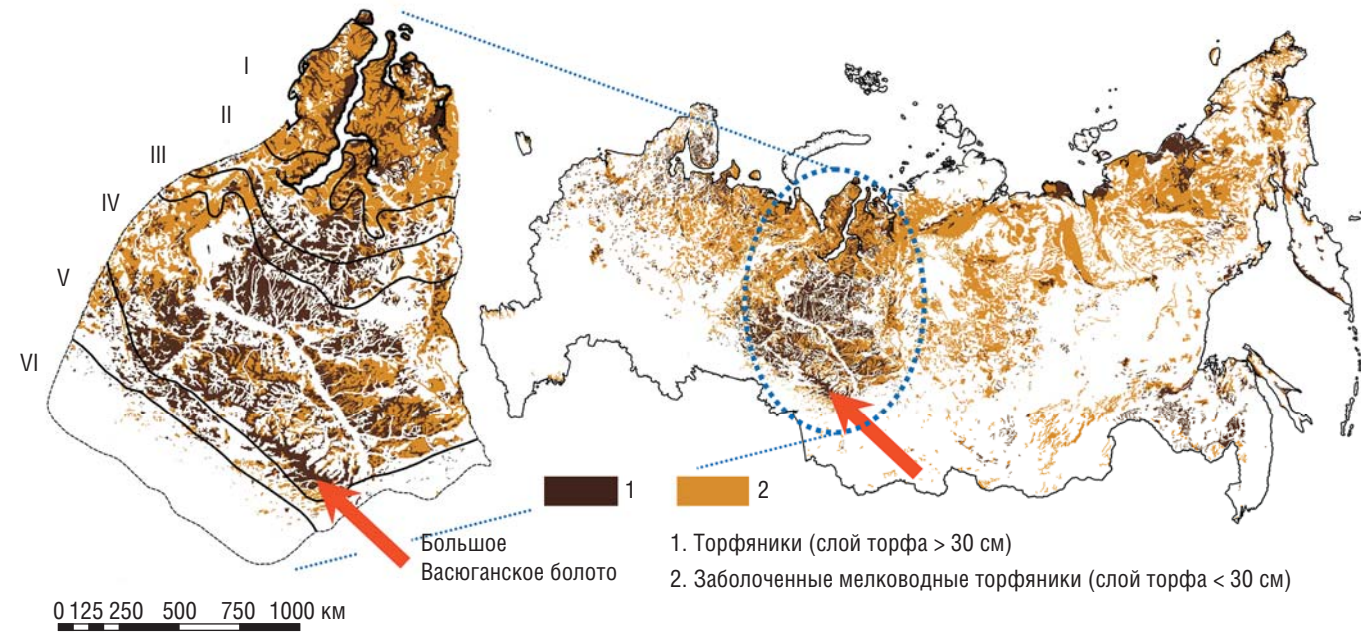
Занимая всего 3% суши, торфяники содержат треть всего углерода почвы, или 600 млрд т, – это вдвое превышает углеродное «депо» биомассы всех лесов мира (Scharlemann *et al.*, 2014; Kirpotin *et al.*, 2021). Больше – только в океанических отложениях. И это делает водно-болотные угодья наряду с океаном главным долговременным хранилищем углерода в земной биосфере. Причем хранилищем очень экономичным: в бореальной зоне, со снежной зимой и коротким теплым летом, торфяники содержат в среднем в семь раз больше углерода на гектар, чем любая другая экосистема, а в тропиках – в десять раз больше (Parish *et al.*, 2008)

При этом современные темпы поглощения углерода в торфяниках мира относительно невелики – не более 100 млн т в год (Parish *et al.*, 2008; Frolking *et al.*, 2014). Кажется, что это совсем немного по сравнению с выбросами углерода при сжигании ископаемого топлива, которые примерно на два порядка больше. Но даже при таких медленных темпах за все время своего существования торфяники мира поглотили такое количество атмосферного CO<sub>2</sub>, которое могло бы повысить глобальную температуру примерно на 0,6 °C (Stöcker *et al.*, 2013; Kirpotin *et al.*, 2021).

Хорошая новость состоит в том, что более 80% мировой площади торфяников все еще находится в естественном состоянии. Плохая – что примерно пятая их часть (около 650 тыс. км<sup>2</sup>) была осушена и преобразована (Joosten, 2016; Joosten *et al.*, 2016). Бывшие торфяные болота стали

Российские исследователи вместе со своими румынскими и немецкими коллегами на болоте около с. Тегульдэт (Томская область). Фото автора





Торфяники, в том числе мелкозалежные, на территории Западно-Сибирской равнины (справа, воспроизведено с разрешения Института лесоведения РАН). Слева – распределение и зональность торфяников и рек на Западно-Сибирской равнине: I – зона полигональных болот, II – плоскобугристых мерзлых, III – крупнобугристых, IV – верховых, V – низинных эвтрофных и мезотрофных, VI – тростниково-осоковых болот и солончаков. По: (Liss et al. 2001; Kirpotin et al., 2021)

сельскохозяйственными и лесными угодьями, там начали добывать торф, вести строительство и т. п. В этом плане особенно отличились европейские страны. Так, в Германии, Нидерландах и Дании было уничтожено свыше 90% местных торфяников, а в Ирландии с ее влажным климатом – 82% (Tanneberger et al., 2017; Kirpotin et al., 2021).

Как-то немецкие биологи, принимая коллег из Сибири, решили показать им свою гордость – одно из немногих сохранившихся в Германии болот. Сели в машину, несколько часов колесили по дорогам, но так и не нашли. Нет, болото было на месте, но оно стало таким маленьким, что его легко было не заметить и проехать мимо... Сейчас в странах Европы, особенно в Германии, начались чрезвычайно дорогостоящие программы по восстановлению болот, но пока они малоуспешны (Vain, 2012; Peacock et al., 2018).

В СССР борьба с торфяными болотами была не менее безжалостной, чем в Западной Европе. К концу прошлого века около 69 тыс. км<sup>2</sup> торфяников на территории

бывшего СССР, в первую очередь в его европейской части, были осушены и деградировали (Brüsch, 2018). К счастью, обширные торфяные болота в Сибири сохранились практически нетронутыми. Конечно, активные мелиоративные работы проводились и здесь, но слишком велики оказались эти болотные пространства, чтобы человек сумел нанести им заметный ущерб. А суровый климат сделал задачу освоения сибирских торфяников еще более сложной.

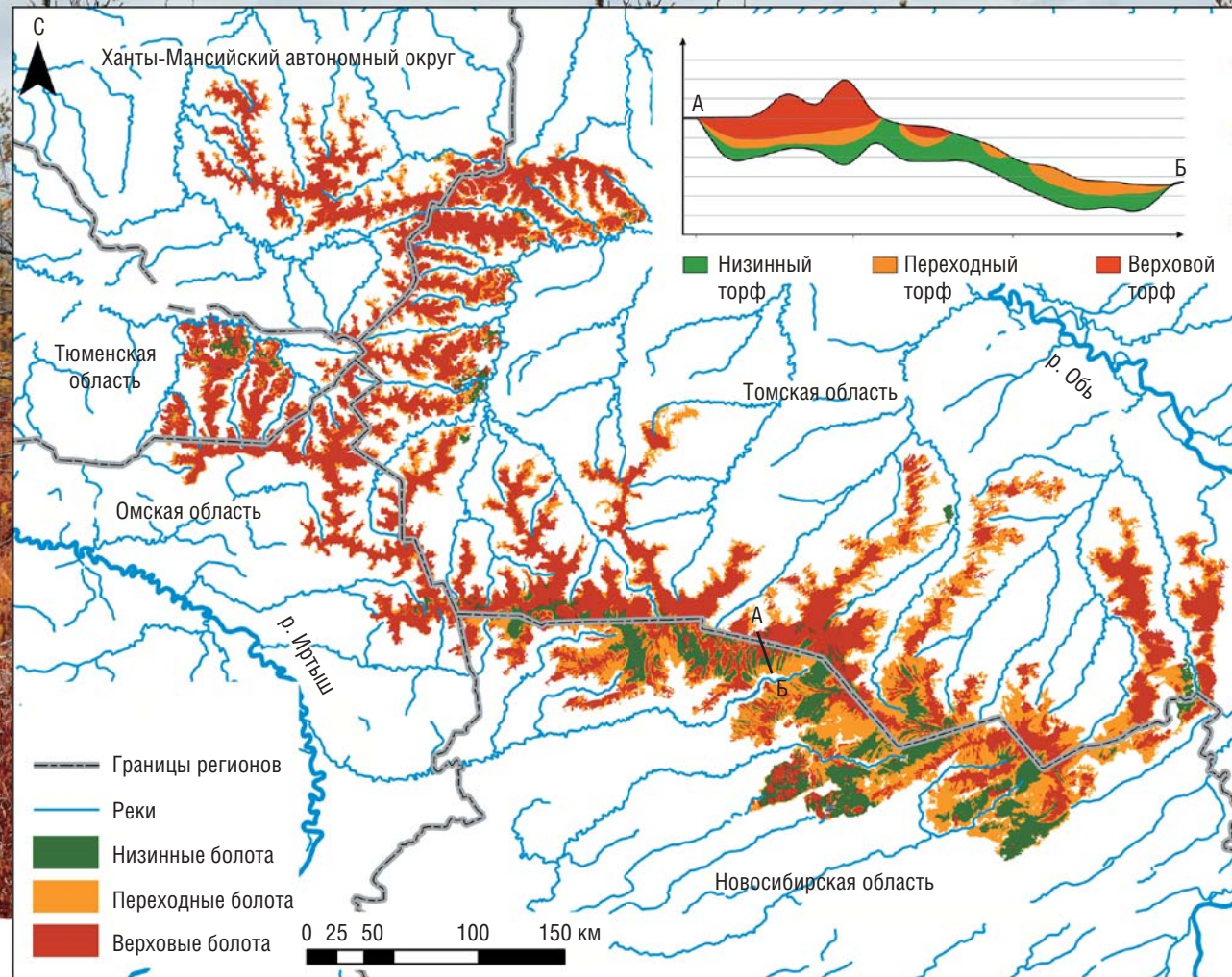
## Прирастает Сибирью

Крупнейшим болотным регионом не только России, но и мира является Западно-Сибирская равнина, простирающаяся от Уральских гор на западе до Среднесибирского плоскогорья на востоке.

Двигаясь с севера на юг, мы обнаруживаем здесь удивительное разнообразие болот: *полигональные тундровые* с характерной сетью глубоких морозобойных трещин, *мерзлые плоско-* и *крупнобугристые*

Алтай – место, где горы соседствуют с болотами. Слева – болото на р. Курейке, правом притоке Енисея. Фото А. Тупицыной





(так называемые *пальсы*), *верховые сосново-кустарничково-сфагновые* и *низинные травяные* (тростниковые и осоковые). В совокупности все водно-болотные угодья Западно-Сибирской равнины – реки и поймы, дельты и лиманы, озера и собственно торфяники – покрывают 1,8 млн км<sup>2</sup>, или 70% ее территории (Halicki, Kirpotin, 2018). Именно здесь находится около 40% нетронутых болотных экосистем нашей планеты.

Занимая всего 1,6% суши, этот регион хранит в своих торфяниках около трети всего почвенного углерода России и более четверти – накопленного всеми экосистемами суши. Это составляет, по разным оценкам, 50–70 млрд т, или 12% глобальных торфяных запасов углерода (Vompersky *et al.*, 1994; Титлянова и др., 1998; Smith *et al.*, 2004; Peregon *et al.*, 2009). И если Амазонская низменность по праву считается лидером в производстве кислорода, то Западно-Сибирская равнина является крупнейшим природным хранилищем углерода планеты.

В течение тысячелетий западносибирские болота охлаждали планету, уменьшая парниковый эффект. А самое большое (и самое южное) из крупных торфяников Западной Сибири – Большое Васюганское болото, расположенное в междуречье Оби и Иртыша. По своей уникальности и значимости для биосферы оно сопоставимо с такими природными феноменами, как озеро Байкал или бассейн Амазонки, хотя далеко не так известно.

Основные типы торфяников Большого Васюганского болота. Показан почвенный разрез (А–Б) через Обь-Иртышский водораздел.  
По: (Березин и др., 2014; Kirpotin *et al.*, 2021)

Большое Васюганское болото.  
Фото А. Тупицыной

## Большое Васюганское

Если Западная Сибирь – самый значительный водно-болотный регион мира, то Большое Васюганское болото можно назвать крупнейшей болотной системой Северного полушария.

Болото занимает осевую часть водораздела Оби и Иртыша – главных водных артерий Западной Сибири, простираясь в виде широкой полосы с многочисленными боковыми ответвлениями более чем на 600 км с запада на восток и более чем на 450 км с севера на юг. Оно занимает территорию около 55 тыс. км<sup>2</sup>, которая превышает площадь таких европейских стран, как Дания, Словакия или Швейцария.

Большое Васюганское болото служит ярким примером развития и эволюции болотных экосистем в течение *голоцена*, т.е. в последние 10 тыс. лет. Оно сформировалось из первичных изолированных болотных массивов, которые возникали в понижениях рельефа и по мере накопления торфа около 2–1,5 тыс.

лет назад слились в крупнейший торфяник в мире, не расчленяемый реками и горами (Kirpotin *et al.*, 2009). И он продолжает расти: около четверти современной площади болота появилось лишь в последние 500 лет (Inisheva *et al.*, 2011).

Эта единая обширная, сложная и самоорганизующаяся система может рассматриваться как самая большая форма жизни на суше, своего рода наземный эквивалент Большого Барьерного рифа. Как коралловый риф объединяет и поддерживает существование множества живых организмов, так и Васюганское болото за счет длительного взаимодействия растений, торфа и воды обеспечивает биоразнообразие и неразрывное единство своего органического мира.

Свою известность как уникальный природный объект Большое Васюганское болото приобрело в конце прошлого века, когда на территории Томской и Новосибирской областей был реализован крупный международный проект по охране низинных, питающихся грунтовыми водами болот на юге Западной Сибири,

практически уничтоженных в других странах Северной Евразии. В результате здесь появился первый в России крупный болотный заказник.

В 2007 г. Большое Васюганское болото было включено в предварительный список природных объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО. А спустя еще десять лет на базе заказника был создан природный заповедник «Васюганский», что случилось во многом благодаря усилиям ученых Томского государственного университета и их зарубежных коллег, энтузиастов охраны и изучения западносибирских болот.

Теперь перед исследователями стоит задача не только подготовки номинационного досье для ЮНЕСКО, но и разработки стратегии предотвращения негативных климатических изменений с помощью эффективного управления особо охраняемыми территориями с большой площадью водно-болотных угодий. А для этого нужно знать, в какой степени Васюганское болото и другие западносибирские болота будут и дальше работать как устойчивые поглотители углерода, или их следует рассматривать как своего рода климатическую «бомбу», угрожающую взрывом.

Пальсы – мерзлые крупнобугристые (справа) и мелкобугристые (внизу) болота на севере Западной Сибири – потенциальные источники «метановой угрозы».

Фото автора



## Когда мерзлота отступает

Западно-Сибирская равнина состоит из двух чашеобразных впадин, которые разделяет гряда холмов, протянувшихся в широтном направлении, – так называемые Сибирские увалы. Ее северная часть – это районы многолетней мерзлоты с обширными мерзлыми торфяными плато и тундровыми болотами.

В этих районах в последние два десятилетия началось таяние вечной мерзлоты, что заметно изменило облик ландшафтов. Вытаивание подземного льда провоцирует неравномерное проседание почвы (*термокарст*), в результате чего на поверхности почвы и торфяников появляются термокарстовые провалы, расширяются старые и возникают новые озера.

Северные термокарстовые озера считаются глобально значимым источником парниковых газов, в первую очередь атмосферного метана (Walter *et al.*, 2006). Как известно, метан – это основной компонент *болотного газа*, образующегося в результате гниения органики в бескислородных условиях, а парниковый эффект метана на два порядка выше, чем у углекислого газа.

В Западной Сибири в талых озерах и небольших озерах мерзлых плоскостных болот, площадь зеркала которых не превышает 1000 м<sup>2</sup>, концентрации метана и углекислого газа в воде в 3–10 раз выше, а растворенного органического углерода, который преобразуется в CO<sub>2</sub> аэробными бактериями, – в 2–3 раза больше, чем в крупных термокарстовых озерах (Shirokova *et al.*, 2012). Своего максимума эти показатели достигают в термокарстовых впадинах с площадью поверхности до 100 м<sup>2</sup>. Эти очень мелководные и чрезвычайно многочисленные водоемы, которые буквально «парят» парниковыми газами, практически не видны на спутниковых снимках и не отмечены на топографических картах.

Надо добавить, что с точки зрения глобального изменения климата Западная Сибирь является очень уязвимым регионом планеты, так как температуры поверхностного слоя вечной мерзлоты здесь самые высокие, а плоский рельеф способствует развитию обвального термокарста. А поскольку в мощных замороженных торфяных отложениях, покрывающих



эту территорию сплошным «плащом», хранится огромный запас углерода, то стремительное таяние сибирской многолетней мерзлоты может стать глобальной угрозой для всей планеты.

Однако пока ни масштаб, ни баланс этих процессов до конца не изучены. В то же время исследование газовых включений в образцах керна ледника Тейлор в Антарктиде показало, что более высокие глобальные температуры в прошлом не приводили к большому выбросу метана из вечной мерзлоты или океана (Dyonisius, 2020). Это дает основания надеяться, что даже в условиях потепления климата торфяные болота будут в первую очередь выполнять свою функцию по депонированию атмосферного углерода.

### Из огня да в полымя

Торфяники работают как хранители углерода, только если они находятся в первозданном состоянии. Однако в результате осушения они могут превратиться в источник эмиссии углекислого газа из-за микробного окисления торфа и в первую очередь пожаров. Выбросы парниковых газов в результате мелиорации и последующей деградации торфяников, а также торфяных пожаров на сегодня достигают 5% всех антропогенных выбросов (Joosten *et al.*, 2016). Это больше, чем производит авиация, морские перевозки и железнодорожный транспорт, вместе взятые.

Нетронутые человеком, неосушенные болота практически не горят, а, напротив, служат естественной преградой для распространения огня. Торфяные (почвенные) пожары в естественных ландшафтах Западной Сибири случаются очень редко и чаще всего являются продолжением пожара на прилегающих лесах и лугах.



Российско-британско-немецкая исследовательская команда на Большом Васюганском болоте. Фото автора

Однако в 1960–1970-е гг. в регионе в рамках программы лесомелиорации были осушены крупные участки верховых болот, что, кстати, не дало ожидаемого увеличения объема товарной древесины. При этом общая площадь таких болот только в Томской области составила около 67,5 тыс. га (Семенова, 2001). Болота осушались и с целью добычи торфа для сельского хозяйства. В Томской области работали десятки торфодобывающих предприятий, однако сейчас все эти болота заброшены, они зарастают, на них не проводятся противопожарные и охранные мероприятия.

Возникновению торфяных пожаров в южных районах Западной Сибири способствуют и сплошные рубки леса, в основном березовых колков, занимающих частично заторфованные понижения рельефа (Пологова, 2012). Древесные остатки складываются в кучи, которые затем сжигают, либо они могут воспламениться сами при низинном пожаре – все это может вызывать возгорание торфа даже в зимний, пожаробезопасный период.

Наличие в Западно-Сибирской низменности больших площадей осушенных и заброшенных торфяников само по себе служит фактором риска возникновения крупных торфяных пожаров, сопровождающихся выбросом большого количества углекислого газа. Однако сравнительно недавно были описаны изменения атмосферной циркуляции, которые принципиально меняют взгляд на эту угрозу со стороны торфяных болот и пока широко не обсуждались даже в научной среде (Mokhov *et al.*, 2012; Kononova, 2014, 2015; Литвинова, 2020).

Речь идет о таких метеорологических явлениях, вызванных глобальным потеплением, как *атмосферная блокировка* и *меридиональный перенос*. Заключаются они в необычайно длительном пребывании над территорией *антициклона* – атмосферного «гребня», преграждающего путь влажным воздушным массам из Атлантики. В результате в регионе наступают, образно

выражаясь, Великая жара и Великая сушь. И это означает возрастание риска возгорания для всех торфяников без исключения!

Именно такая атмосферная блокировка вызвала в 2010 г. торфяные пожары в Подмоскovie, когда столица в буквальном смысле задышалась от дыма (Голобов, 2010). Через два года похожая ситуация сложилась в Сибири – тогда в этом регионе запылились многочисленные лесные и тундровые пожары (Барашникова и др., 2013; Куликова и др., 2015; и др.).

К счастью, в 2012 г., несмотря на затяжную сухую и жаркую погоду, сибирские торфяники хотя и значительно обсохли, но не загорелись повсеместно. Однако, к примеру, на юге Томской области торфяные пожары в тот год продолжались больше месяца – в основном горели небольшие участки болот на Обь-Томском междуречье.

Если по какой-то причине подобная блокировка повторится два года подряд, а такую вероятность нельзя исключать, то риск массового возгорания торфяников Западной Сибири многократно возрастет. Масштабы же и последствия подобной катастрофы даже трудно себе представить. Ведь если лесной пожар рано или поздно будет погашен осенними ливнями и зимними снегопадами, то торфяники могут гореть годами. И речь идет не только о дополнительных выбросах CO<sub>2</sub>: дым от горящего торфа может распространяться на тысячи километров, накрывая города и села и угрожая если не жизни, то здоровью людей.

В соответствии с Парижским соглашением 2015 г. странам мира предписывается «сохранять и увеличивать поглотители и накопители парниковых газов». Многолетние исследования международного научного сообщества доказывают, что водно-болотные угодья имеют, по сравнению с лесами, более значимую климаторегулирующую функцию. В 2019 г. ассамблея ООН по окружающей среде признала глобальное значение торфяных болот и призвала заинтересованные стороны расширять региональное и международное сотрудничество, обмен информацией

и междисциплинарные исследования для содействия сохранению и устойчивому управлению торфяными болотами (Kirpotin *et al.*, 2021).

Следующий логичный шаг – включение водно-болотных угодий в механизмы квотирования Парижского соглашения. Это означает необходимость разработки научных основ для расширения перечня мероприятий, относящихся к управлению торфяными болотами в качестве объектов национальной отчетности по источникам и поглотителям парниковых газов. Когда это произойдет, Россия и, в частности, Западная Сибирь получат огромные геополитические дивиденды. Но при этом не надо забывать о негативных последствиях высокой заболоченности на региональном уровне.

Высокая заболоченность Западной Сибири – это обилие кровососущих насекомых, отсутствие дорог, трудности со строительством и другие проблемы хозяйственного освоения таежной зоны. Поэтому для нашей страны, в первую очередь для Сибири, сохранение болот несет определенные издержки, в том числе финансовые. С другой стороны, такая плата не покажется высокой, если вспомнить, что помимо участия в глобальном круговороте углерода болота обеспечивают многие экосистемные услуги, критически важные для благополучия человека.

Заметные изменения климата стали главным вызовом для ученых в XXI в., и в отношении к болотам сейчас выделяют целый ряд проблем и вопросов, которые требуют тщательного изучения.

Еще в 2009 г. в пределах Западной Сибири началась организация широтной системы для ландшафтно-экологических исследований

и всепогодного мониторинга (в том числе биохимического). Этот не имеющий мировых аналогов исследовательский «мегапрофиль» длиной 2,5 тыс. км протянулся от высокогорья Алтая до Арктики. В 2016 г. все исследовательские станции, окрестности которых стали площадками для проведения стационарных исследований на ключевых участках и натурных экспериментов с природными экосистемами, были включены в *Международную циркумполярную сеть исследовательских станций (INTERACT-II)*. А еще через два года «Сибирский широтный мегапрофиль» был зарегистрирован в качестве «уникальной научной установки РФ».

Недавно подобный исследовательский проект под названием «Градиент Северных территорий» был запущен в Канаде, и в Квебеке состоялась его историческая стыковка с сибирским «старшим братом». В перспективе в Сибири планируется создать еще более протяженный (около 5 тыс. км) исследовательский мегапрофиль с запада на восток от бассейна Оби до бассейна Колымы в Якутии, включая бассейны устьев крупнейших рек Северного Ледовитого океана: Енисея, Лены и Индигирки.

Такой подход позволяет исследователям одновременно осуществлять несколько взаимосвязанных и взаимодополняющих масштабных международных проектов по изучению природных экосистем с оптимальной логистикой. Он служит примером реальной интеграции, сотрудничества и взаимодействия ученых разных стран для решения глобальных проблем, стоящих перед человечеством.

#### Литература

- Исследование природно-климатических процессов на территории Большого Васюганского болота. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 243 с.*
- Литвинова О. С. Влияние макроциркуляционных условий на атмосферное увлажнение юга и юго-востока Западной Сибири // *Географ. вестн.* 2020. № 2(53). С. 100–110.
- Семенова Н. М. Охрана водно-болотных угодий в Западной Сибири // *Использование и охрана природных ресурсов России.* 2017. № 1. С. 45–54.
- Kirpotin S.N., Antoshkina O.A., Berezin A.E. *et al.* How the World's largest peatland helps addressing the World's largest problems // *Ambio.* 2021. V. 50. P. 2038–2049.
- Kirpotin S., Berezin A., Bazanov V. *et al.* Western Siberian wetlands as indicator and regulator of climate change on the global scale // *Int. J. Environ. Stud.* 2009. V. 66. P. 409–421.
- Kirpotin S.N., Callaghan T.V., Pokrovsky O. *et al.* Russian–EU collaboration via the mega-transect approach for large-scale projects: cases of RF Federal target Programme and SIWA JPI Climate EU Programme // *Int. J. Environ. Stud.* 2018. V. 75. P. 385–394.
- Seменова N.M. Western Siberia in the context of global nature conservation concerns // *Int. J. Environ. Stud.* 2014. V. 71. P. 595–604.
- Serikova S., Pokrovsky O.S., Laudon H. *et al.* High carbon emissions from thermokarst lakes of Western Siberia // *Nat. Commun.* 2019. V. 10. P. 1552.



Зимняя экспедиция на Большое Васюганское болото. Фото автора



Большое Васюганское болото. Фото А. Тупицыной