

# Экосистемы торфяных болот в Кыргызстане

распространение, характеристика и значение для  
сохранения климата



*Вид на поверхность торфяного болота Арабелсу-Сырте на высоте 3800 м над уровнем моря, Кыргызстан. Фото: Мария Алес*

# Содержание

<b>Предисловие</b>	<b>1</b>
<b>Характеристика и значение экосистем торфяных болот</b>	
<b>на местности</b>	<b>2</b>
Распространенность торфяных болот в мире	2
Почвы торфяных болот	3
Растительность торфяных болот	6
Типы торфяных болот	10
Экосистемные функции торфяных болот	13
Использование и угрозы	14
Высокогорные торфяные болота	15
<b>Торфяные болота и сохранение климата</b>	<b>16</b>
<b>Возможные мероприятия по сохранению торфяных болот</b>	
<b>и климата</b>	<b>18</b>
Программы по сокращению парниковых газов	20
Рынок обязательств	20
Претворение в жизнь	22
<b>Экосистемы торфяных болот в Кыргызстане</b>	<b>23</b>
Прежний уровень знаний	23
Распространение и местоположение	23
Типы торфяных болот	25
Результаты последних исследований в рамках проекта „KIRMO“	28
Выбор территорий	28
Методы исследования	28
Дистанционное зондирование торфяных болот Кыргызстана	36
Оценка запасов углерода в торфяных болотах Кыргызстана	40
<b>Рекомендации к действию</b>	<b>46</b>
<b>Вывод и перспективы</b>	<b>48</b>
<b>Литература</b>	<b>49</b>

## Предисловие

Экосистемы торфяных болот различны по происхождению, распространенности и видовому составу, однако у всех них есть одна общая особенность: свойство сохранять на маленькой территории большое количество органического углерода. Углерод поглощается растениями из воздуха и тысячелетиями накапливается в торфяных болотах с выделением кислорода при постоянном водонасыщении торфяного слоя. Кроме того, торфяные болота имеют огромное значение для водного баланса местности, так как они могут сохранять и фильтровать воду, а затем медленно высвобождать ее обратно. Особенно в аридной климатической зоне эти «водно-болотные острова» оказывают живительное воздействие. На фоне аридизации центральноазиатского региона вследствие изменения климата, торфяные болота оказывают двойное положительное воздействие: как поглотитель углерода они связывают CO<sub>2</sub> из воздуха и накапливают его на протяжении долгого времени. Как хранилище воды они противодействуют высыханию районов и являются местообитанием для специально адаптированных растений, животных и грибов. Из-за осушения и последующего использования торфяных болот в сельском хозяйстве, особенно для выпаса скота, а также из-за работ по добыче торфа эти и другие важные свойства утрачиваются.

Одна поговорка гласит: «Сохраняется то, о чем знаем». При этом устойчивое использование может означать сохранение. В данной брошюре опубликованы результаты исследований в рамках проекта «KIRMO – Экосистемные функции высокогорных торфяных болот в Кыргызстане – оценка состояния и угрозы при использовании» и таким образом будут распространены знания об экосистемах торфяных болот в центральноазиатском регионе. Данный проект, являясь частью инициативы по сохранению климата (IKI), проводился на протяжении 12 месяцев (с декабря 2012 г. по декабрь 2013 г.). Цели проекта заключались в улучшении сведений о распространении и состоянии экосистем киргизских торфяных болот, а также в оценке процесса связывания углерода в торфяных болотах Кыргызстана. Для этого был разработан, верифицирован по in-situ и расширен метод автоматизированного опознавания территории торфяного болота, базирующийся на данных Landsat.

Федеральное министерство окружающей среды, охраны природы и безопасности ядерных реакторов и зданий (BMUB) поддержало на основании решения парламента ФРГ через немецкое общество по международному сотрудничеству (GIZ).

Приятного чтения желают авторы Мария Алес, Томас Хайнике, Франк Фелл, Йенс Вундерлих и Ютта Цайтц.

Берлин и Грайфсвальд, июль 2014

## Характеристика и значение экосистем торфяных болот на местности

Торфяные болота по происхождению являются влажными экосистемами, в которых избыток воды из-за осадков или грунтовых вод предусматривает состояние постоянной водонасыщенности. Вследствие этого возникает среда с низким уровнем кислорода, в которой выросший за вегетационный период растительный материал не может полностью разложиться. На протяжении многих лет отмерший растительный материал из торфообразующей болотной растительности (мхи, осока, тростник, кустарники и деревья) собирается и образует торфяной слой. Благодаря этим особым условиям торфяные болота являются местообитанием для многих видов животных и растений, а также предоставляют человеку важные экосистемные услуги.

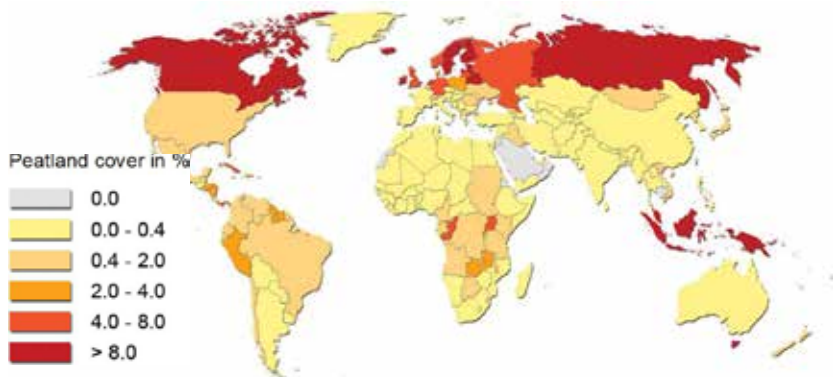


Рис. 1: Распространенность торфяных болот в мире  
IMCG Global Peatland Database ([www.imcg.net](http://www.imcg.net)) Источник: Joosten 2009

### Распространенность торфяных болот в мире

По всему миру около 4 млн. км<sup>2</sup> земной поверхности покрыто торфяными болотами. Это составляет около 3 процентов общей площади Земли (Succow & Joosten 2001). Торфяные болота встречаются в 180 странах мира и составляют одну треть глобальных ресурсов водно-болотных угодий. Торфяные болота встречаются почти во всех климатических зонах – от тропиков до Арктики, а также на всех мыслимых высотах – от моря до горных районов (см. Рис. 1).

## Почвы торфяных болот

Причиной особых свойств торфяных болот является почва, из которой они состоят. При этом различают два типа субстратов, образующих эту почву: торф и ил. Согласно немецкой классификации характерные свойства любого торфяного болота заключаются в наличии торфяного слоя минимум 30 см толщиной (Ad-Нос-AG Boden 2005). Торф является органическим субстратом, который состоит преимущественно из отмершего растительного материала. Он разлагается не полностью и откладывается в торфяных болотах. При этом растительный материал не перемещается и растет снизу вверх – это в свою очередь образует почву для роста новой торфообразующей растительности. Нижние слои при нарастании нового торфа все больше и больше уплотняются. Так как органического материала больше прибывает, чем разлагается, это приводит к долгосрочному положительному балансу массы и накоплению углерода. Торфы обладают в зависимости от вида высокой либо очень высокой гигроскопичностью, так как они впитывают в себя все как губка и тем самым удерживают воду. С другой стороны торфяным почвам необходимо наличие воды, чтобы расти постоянно, не деградируя.

Другим субстратом торфяных болот является ил. Он образуется при отсутствии кислорода на дне открытых водоемов из отмерших водорослей, микроорганизмов и минеральных отложений. Различают органический, известняковый и минеральный ил.

Классификация почв торфяных болот различается в зависимости от страны.



*Рис. 2: Умеренно богатое питательными веществами богатое щелочами наносное болото, образованное торфом из бурых мхов и осоки, Сонкёль, Кыргызстан. Фото: Мария Алес*



Рис. 4: смешанный торф из осоки

Рис. 5: тростниковый торф

В представленном проекте почвы торфяных болот были классифицированы согласно немецкому почвоведческому руководству по картированию (Ad-Нос-AG Boden 2005). При этом торфяным болотам в этой системе отводится свой раздел, так как почва и образующий ее субстрат образуются одновременно. Они подразделяются в свою очередь на классы приближенных к естественным торфяным болотам, а также земляных и илистых торфяников, которые также делятся на различные типы почв. О торфяных болотах речь идет тогда, когда толщина торфа составляет минимум 30 см, а субстрат состоит минимум на 30% из органических материалов. В Кыргызстане часто встречаются почвы, на которых присутствует небольшой слой торфяных отложений и/или субстраты которых содержат большую долю минеральных веществ. Эти почвы согласно почвоведческому руководству по картированию (Ad-Нос-AG Boden 2005) относятся к глеям или болотным глеям (см. рис. 8 и 9).

Рис.3: Бурый мох



Рис. 6: тонкий ил



Рис. 7: песчаный ил



Рис. 8: глинистый ил. Фото: Рон Майер-Улхерр и Коринна Шульц

Эту классификацию трудно синхронизировать с киргизской классификацией. Согласно данной классификации почвы торфяных болот относятся по Джолдошеву (1970) к луговым почвам (к подтипу болотно-луговых аллювиальных почв) и торфяно-болотным почвам (к подтипам аллювиальных торфяных лугов, аллювиальных иловато-болотных почв, аллювиальных торфянисто-болотных почв и аллювиальных торфяно-болотных почв). Общее сравнение немецкой и киргизской классификации почв было опубликовано Готтшлингом (2006). Так как не существует официально признанного перевода, в исследовательском проекте KIRMO работа велась согласно немецкой классификации.



*Рис. 9: Выемка шпатового материала верхних почв, торф из осоки Фото: Мария Алес*



*Рис. 10: торф из осоки над глеем Фото: Мария Алес*

## Растительность торфяных болот

К типичным растениям торфяных болот, способным образовывать торф, относятся осока, тростник, торфяные и бурые мхи, а также деревья и кустарники.

Различить потенциальные площади торфяных болот по растительности легко, так как большинство торфообразующих растений специально адаптированы к обилию влаги. Почти на всех торфяных болотах встречаются мхи. В кислой среде речь идет преимущественно о торфяных мхах (*Sphagnum* spp.), в щелочной и известняковой среде о бурых мхах (например, *Drepanocladus*



*Рис. 11: Типичное верхнее торфяное болото с торфяными мхами и осокой, заповедник Нигула, Эстония. Фото: Мария Алес*

spp.). К другой характерной растительной группе относится осока (*Carex* spp.), которая чаще всего встречается в виде гомогенного состава. Также торф могут образовывать тростниковые заросли. Кроме того встречаются болотистые леса с сосной, ольхой, березой и ивой.

Структуру и отдельные части торфообразующих растений можно достаточно хорошо распознать в зависимости от степени разложения торфа. Так можно определить разные виды торфа: в древесном торфе основная масса часто более разложена, в ней различимы остатки коры, веток и корней, листьев, иголок и шишек, а также целых стволов. В хорошо сохранившемся моховом торфе встречаются стволы и листочки различных видов мха – на верховых торфяных болотах образуется большое количество торфа из торфяного мха, в то время как торф из бурого мха образуется больше в низинных болотах.



Торфы заросших болотистых местностей образуются из различных травяных растений (например, осоки, тростника, камыша) и содержат наряду с остатками листовых влагалищ, корней и корневищ законсервированные семена этих и других травяных болотных растений. Сильно разложившиеся торфы, в органической субстанции которых уже невозможно различить растения, называются аморфными торфами. Все типы торфа могут встречаться в чистом или в смешанном виде – в зависимости от преобладающего состава растительности во время образования торфа.

Последовательность видов торфа с их различимыми остатками растений используется, чтобы понять историю возникновения торфяного болота. С



*Рис. 12: Заросшая осокой болотистая местность, Суусамыр, Кыргызстан. Фото: Томас Хайнике*



*Рис. 13: Профиль торфа дает расшифровку генеза торфяного болота. Фото: Ханс Юстен*

помощью законсервированной в торфе трудно поддающейся разложению пыльцы можно воссоздать развитие растительности в округе в период роста торфяного болота. Таким образом, тело торфа является важным архивом истории растительности и ландшафта местности.



Рис. 14: Болото, поросшее коричневым мхом



Рис. 15: Соцветия памирской осоки (*Carex pamirensis*)



Рис. 16: Заросли ветвистого хвоща (*Equisetum ramosissimum*), лисьей осоки (*Carex compacta*) и тростника (*Phragmites australis*)



Рис. 17: *Swertia* sp.



Рис. 18: Заросли тростника (*Phragmites australis*)



Рис. 19: Меч-трава (*Cladium mariscus*) в зарослях тростника



Рис. 20: Заросли ивы (*Salix* sp.)



Рис. 21: Рогоз узколистный (*Typha angustifolia*) в зарослях тростника



Рис. 23: Орхидеи в Суусамыре



Рис. 22: Кустарник карагана (*Caragana* sp.)

Все фото: Томас Хеинике

## Типы торфяных болот

Торфяные болота развиваются в различных гидрологических и топографических условиях. Поэтому существует множество типов торфяных болот. Основываясь на характере водоснабжения торфяные болота можно разделить на два основных типа: низинные и верховые болота. Низинные болота находятся в нижних слоях и подпитываются в основном грунтовыми водами, находящимися в контакте с исходными минеральными породами. Верховые торфяные болота питаются исключительно дождевой водой и возвышаются над ландшафтом.



Рис. 24: Верхнее торфяное болото Куресоо в национальном парке Соомаа, Эстония, Фото: Кристен Каемена

### Экологические типы торфяных болот

В зависимости от доступности питательных веществ и кислотно-щелочного баланса в ландшафте могут быть представлены различные экологические типы торфяных болот. Они отличаются характерным составом растительности (см. рис. 25).

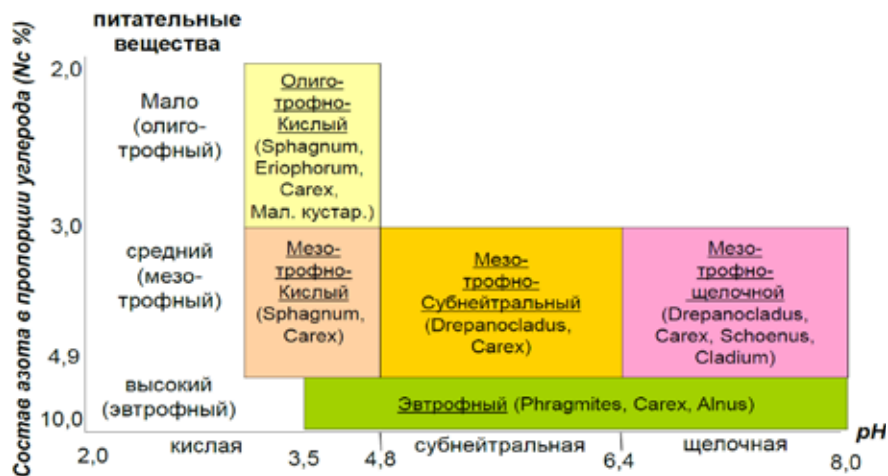
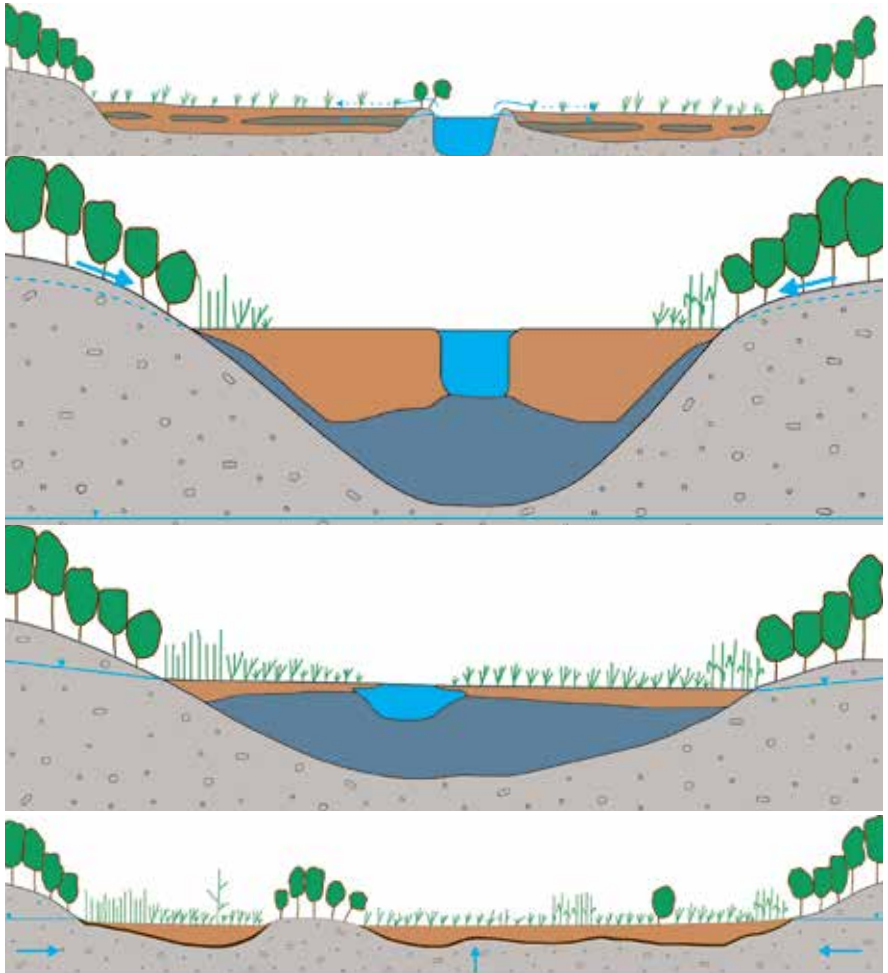


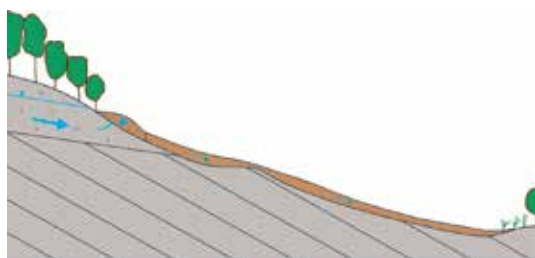
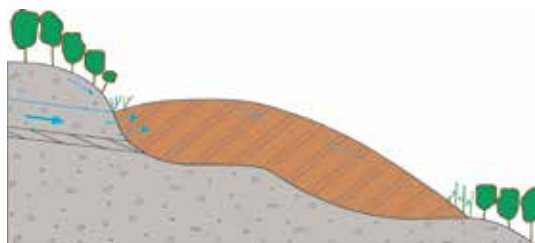
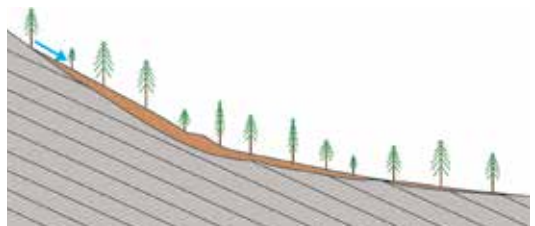
Рис. 25: Экологические типы торфяных болот по Зуккову и Юстену 2001

### *Типы водного питания торфяных болот*

Данные типы обозначают условия образования и развития торфяного болота. Решающим при этом является способ водоснабжения, например, выход грунтовых вод, высокое залегание грунтовых вод, родниковая вода или периодически выходящая из берегов речная вода. Также важно, идет ли речь о плоской местности (см. рис. 26) или о ландшафте с уклоном (см. рис. 27)



*Рис. 26: Плоские торфяные болота могут выступать в форме поймовых затопляемых болот, болот-котловин, наносных и заболоченных торфяных болот (сверху вниз)*



- |   |   |   |  |
|---|---|---|--|
|  | Торф  |  | слабоводопроницаемая и водонепроницаемая почва |
|  | Торф с известняковой или ледниковой основой |  | водопроницаемая почва                          |
|  | Торф, минерализованный                      |  | вода   |
|  | Основа торфа                                |  | уровень грунтовых вод                          |
|  | Ил  |  | Направление течения воды                       |

*Рис. 27: Торфяные болота с уклоном могут выступать в форме уклонных торфяных болот, торфяных болот с родниками на склоне, орошаемых торфяных болот и проточных торфяных болот (сверху вниз), автор: Диана Мёллер 2014*

## Экосистемные функции торфяных болот

Нетронутые экосистемы и их биоразнообразие играют важную роль для человечества, так как они бесплатно предоставляют большое количество «услуг» для обеспечения основных человеческих потребностей. При этом можно выделить различные типы этих экосистемных услуг.

Биотопные услуги предоставляют жизненное пространство для людей, флоры и фауны. Они делают возможным сохранение биоразнообразия и являются той самой основой для остальных экосистемных услуг. Посредством услуг по снабжению предоставляются как основные «блага», такие как воздух, питание, вода и сырье, так и менее заметные ресурсы, такие как исходные материалы для медикаментов и декора.

К услугам по регулированию среди прочего относятся очистка и накопление воды и воздуха, регулирование как глобального, так и локального климата, предоставление питательных веществ и образование плодородной почвы, а также опыление сельскохозяйственных культур.

Среди других услуг можно упомянуть культурные и рекреационные.

Любые изменения экосистем отражаются на способности предоставления экосистемных услуг и тем самым оказывают влияние на благополучие людей.



*Рис. 28: Сбор клюквы. Фото: Сергей Зуенок*



*Рис. 29: Измерение парниковых газов на торфяном болоте. Фото: Фонд Михаэля Зуккова*



*Рис. 30: Высокогорное луговое торфяное болото в Кыргызстане – накопление воды. Фото: Фонд Михаэля Зуккова*

## **Использование и угрозы**

Исторически торфяные болота рассматривались, прежде всего, как земли, которые нужно осушить, чтобы сделать пригодными для человека. После осушения возможны добыча торфа как горючего материала или субстрата для садоводства и овощеводства, либо использование земли под сельскохозяйственные нужды как возделывание, выращивание кормов и выпас скота. Эти формы использования, однако, являются причиной ускоряющегося исчезновения нетронутых торфяных болот, так как они влекут за собой необратимое разрушение торфяного слоя. При осушении возникает длительный контакт торфа с кислородом, что влечет за собой минерализацию почвы. При этом теряются типичные свойства торфа и высвобождается большое количество диоксида углерода и других парниковых газов, влияющих на процесс изменения климата.

## ***Дегградация торфа***

Из-за умеренного прямого или косвенного осушения и частого экстенсивного использования, реже из-за климатически обусловленных периодов засухи на ранее водонасыщенных торфяных болотах образуется превратившийся в почву торф. Предпосылкой к его образованию является летний уровень грунтовых вод, равный максимально 10 см ниже уровня поверхности. Вследствие выветривания верхнего слоя почвы, ранее водонасыщенный торф разлагается. Это разложение и одновременное формирование рассыпчатой структуры посредством сжатия и набухания торфа, а также активность живых организмов, живущих в почве (например, дождевых червей), приводят к «оземлению» торфа (минерализация торфа). Накопленный углерод при этом



*Рис. 31: Ущерб от деградации на высокогорном болоте, вызванный интенсивным выпасом скота (Фото: Томас Хайнике)*



окислается до образования  $\text{CO}_2$ . Отсутствие водонасыщения становится причиной многих процессов, ведущих к изменению и в конечном итоге к потере торфяного слоя: при просадке болота торф из-за веса вышележащих торфяных слоев уплотняется. При этом снижаются важные качества торфяного тела, такие как способность накапливать воду и высвобождать ее. В водонасыщенных торфяных болотах выталкивающие силы воды противодействуют весу. Сжатие торфяного болота обозначает процесс, при котором частицы почвы посредством удаления воды прижимаются друг к другу. Торф уплотняется, и в нем появляются трещины. Торф становится подвержен эрозии от ветра и воды.

### **Высокогорные торфяные болота**

В качестве источников высокогорные торфяные болота играют решающую роль в регулировании сбора воды и подпитке рек водой. Аналогично торфяным болотам на равнинах, они имеют большое значение для сохранения биоразнообразия и накопления углерода. Высокогорные торфяные болота подвергаются деградации из-за повышенной плотности торфа, вызванной многолетним выпасом скота (здесь она ведется тысячами лет), из-за осушения для улучшения пастбищ и из-за вырубки лесов. Это приводит к изменению свойств почвы. Из-за эрозии почвы на торфяных болотах усиленно откладываются минеральные отложения. Особенно при повреждении растительности после интенсивного выпаса существует повышенный риск возникновения эрозионных впадин в торфе и почвах. В последствие снижаются способности тела торфа в промежуточном накоплении талой воды, что приводит к повышению риска затопления в низовьях рек.

## Торфяные болота и сохранение климата

В естественном, то есть водонасыщенном состоянии торфяные болота действуют как обширные накопители углерода. При этом накопленный за тысячелетия растительный материал сохраняется в форме органической субстанции в почве, не подвергаясь процессам разложения. Так углерод остается в почве и не может высвободиться в атмосферу в виде парникового газа. Большая часть торфяных болот в мире еще находится в естественном состоянии, так как большие территории находятся в труднодоступной

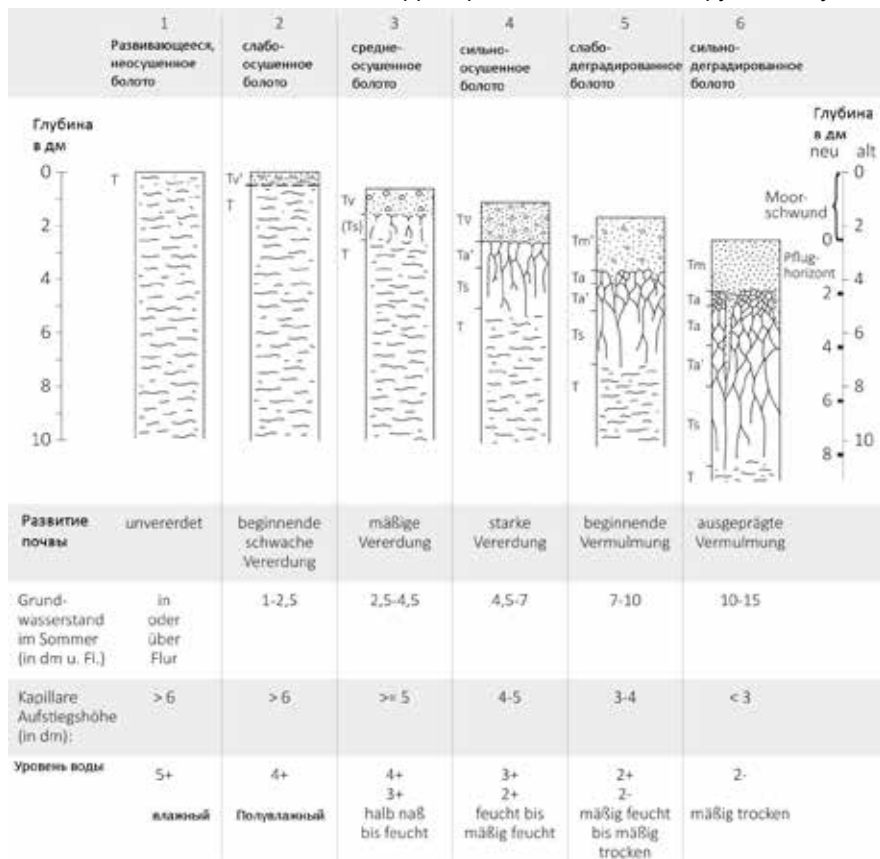


Рис. 32: Развитие почвы в низинном торфяном болоте вследствие растущей интенсивности использования. Сокращение торфяного болота может составлять метры (Источник: Вихтманн и др., 2014)

местности, например, в Сибири или в Канаде. В густонаселенных странах, однако, торфяные болота почти всегда подвергаются антропогенному воздействию. В целом 15% торфяных болот по всему миру осушено и деградировано. Веками они использовались в сельском и лесном хозяйстве, в качестве пастбищ и для добычи торфа (Юстен 2009). При осушении и деградации в ход вступают почвообразующие процессы, приводящие к минерализации тела торфа. Это приводит к высвобождению парниковых газов, таких как метан ( $\text{CH}_4$ ), углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) и закись азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ). По всему миру выбросы парниковых газов из осушенных торфяных болот (включая выделяемые газы при пожарах на торфяных болотах) составляют две гигатонны в год и тем самым соответствуют почти 25% выбросов углерода от общего землепользования пахотных земель и вырубки деревьев на Земле (Канаделл 2011).

Торфяные болота покрывают лишь 3% земной поверхности, однако они содержат в почве 30% углерода (Париш и др., 2008). Осушенные торфяные болота, составляющие лишь 0,3% от поверхности суши, выбрасывают, однако почти 6% всех парниковых газов (Юстен 2009). Из-за осушения торфяных болот парниковые газы выделяются иначе, чем при деградации леса, так как торф окисляется на протяжении следующих десятилетий или даже столетий. Таким образом, охрана нетронутых торфяных болот, их устойчивое управление и восстановление вносят существенный вклад в снижение выбросов парниковых газов. Нетронутые торфяные болота наряду с накоплением парниковых газов предоставляют большое число других экосистемных услуг (см. Экосистемные функции торфяных болот).

Охрана торфяных болот является одной из самых эффективных способов сокращения выбросов парниковых газов. Однажды подвергшиеся деградации торфяные болота быстро теряют со временем способность выступать в роли пастбищ и полей, от чего снижаются доходы. Обводнение деградированных болот и связанное с этим возобновление процесса образования торфа могут сопровождаться новыми моделями устойчивого пользования в местной экономике. Этот метод в дебатах об охране торфяных болот был обозначен как «палудикультура» („palus“ = топь, болото) (см. Рекомендации к действию). Где естественные торфяные болота используются адаптированным к влажным условиям методом, возникает обоюдно выигрышная ситуация между антропогенным использованием и сохранением торфяного слоя.

## Возможные мероприятия по сохранению торфяных болот и климата

Несмотря на свой огромный потенциал накопления углерода, торфяные болота долгое время игнорировались Рамочной конвенцией ООН об изменении климата (РКИК ООН). Только благодаря активному участию различных стейкхолдеров к началу тысячелетия эта тема вошла в повестку переговоров и интегрировалась шаг за шагом в механизмы климатического режима в секторе ЗИЗЛХ (Land use, land use change and forestry – Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство).

Прорывом было принятие инициативы Киото «Осушение и восстановление болот» на климатической конференции в Дурбане в 2011 году, которая сделала возможным принятие во внимание выбросов торфяных болот в Киотском протоколе. Новый механизм финансирования мероприятий по сохранению климата NAMA (национальные действия по смягчению изменения климата) и проекты по сотрудничеству в аграрном секторе являются многообещающим стимулом в будущем для сокращения выбросов газов на торфяных болотах. Даже МЧР (Механизм чистого развития) мог бы в будущем открыться в этом направлении, до этого времени он являлся в основном инструментом облесения и лесовосстановления (Юстен и др., 2012).



Рис. 33: Сайт ивент по торфяным болотам на COP 18 в Дохе. Фото: Фонд Михаэля Зуккова

## Киотский протокол – международное соглашение по сохранению климата

Киотский протокол к Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН) является принятым 11 декабря 1997 года дополнительным протоколом с целью сохранения климата. Вступившее в силу 16 февраля 2005 года соглашение впервые установило международные обязательные квоты на выбросы парниковых газов в индустриальных странах, являющихся основными виновниками глобального потепления. До начала декабря 2011 года Киотский протокол ратифицировало 191 государство, а также Евросоюз. США к протоколу не присоединилось, Канада 13 декабря 2011 года заявила о своем выходе из соглашения.

Страны разделяются на страны, входящие в Приложение I, и страны, не входящие в Приложение I. Странами Приложения I обозначаются в климатической политике индустриальные страны, перечисленные в Приложении I Рамочной конвенции об изменении климата от 1992 года. В списке находятся все страны ОЭСР (кроме Южной Кореи и Мексики), а также все страны Восточной Европы (кроме балканских стран). Отсюда понятие «страны Приложения I» используется как синоним понятия «индустриальные страны». Эти страны (41 страна) обязались в 1997 году в рамках Киотского протокола сократить свои выбросы парниковых газов до 2000 года на 5,1% от уровня 1990 года. Все остальные страны, ратифицировавшие соглашение, относятся к так называемым странам с переходной экономикой и развивающимся странам. Они не имеют обязательств по сокращению парниковых газов.



Рис. 34: Участники Киотского протокола / обязательства 2012 – 2020 гг. (фонд Wikipedia)

## **Программы по сокращению парниковых газов**

### ***Рынок обязательств***

#### ***Для стран Приложения I***

На 17-й Конференции сторон (COP 17) в 2011 году в Дурбане было решено внести инициативу «Осушение и восстановление болот» в статью 3.4 Киотского протокола. Тем самым страны Приложения I могут использовать во второй период осуществления протокола (2013–2020) результаты сокращения парниковых газов при восстановлении торфяных болот, чтобы достичь сокращения своих выбросов.

Возможность учета сокращения выбросов через эту инициативу дает странам стимул использовать национальные источники финансирования. Кроме того было решено внести «Управление лесами» в качестве обязательств во второй период осуществления протокола. Это значит, что мероприятия по осушения и восстановлению торфяных болот в лесах странами Приложения I должны подпадать под мероприятия в рамках Киотского протокола.

- ***Joint Implementation (Совместное осуществление)***

Мероприятия при совместном осуществлении позволяют странам Приложения I осуществлять их обязательства по Киотскому протоколу, сокращая выбросы парниковых газов в других странах Приложения I.

На данный момент, однако, мероприятия по проектам на торфяных болотах не могут быть засчитаны по принципу совместного осуществления, так как вторые нацелены исключительно на сокращение выбросов парниковых газов, тогда как проекты по торфяным болотам направлены в основном на предотвращение выбросов парниковых газов. Все же правила при совместном осуществлении это не исключают категорически; ищется возможность адаптации, которая следует за развитием на углеродном рынке.

#### ***Для стран, не входящих в Приложение I***

- ***Механизм чистого развития (МЧР)***

МЧР служит созданию сертифицированного сокращения выбросов (Certified Emission Reductions (CERs)) посредством экологически безопасных проектов в странах, не входящих в Приложение I, которые могут быть засчитаны странам Приложения I. Сохранение, восстановление и улучшенное управление не облесенных торфяных болот на данный момент не могут быть причислены к МЧР. Однако запланировано внести их в будущем.

- ***Национальные действия по смягчению изменения климата (NAMA)***

Национальные действия по смягчению изменения климата должны поддержать страны, не входящих в Приложение I, по предотвращению выбросов парниковых газов тем, что нацеленные на результат мероприятия будут подкреплены возможностями финансирования, передачей технологий и повышением квалификации.

Эти меры идеально подходят для управления торфяными болотами в широком масштабе. Они дают возможность соединить воедино в проекте сохранение, восстановление и применение лучших практик.

В Дурбане (COP 17) все страны, не входящие в Приложение I, должны были разработать предложения для NAMA, чтобы искать подходящие источники финансирования. Кроме того были определены ключевые элементы для отчетности по NAMA. К ним относятся: определение организации-исполнителя, предполагаемые затраты и временной план, объем и вид международной поддержки, оценка ожидаемого сокращения выбросов и другие индикаторы достижения цели. Для предложения NAMA нет сроков подачи.

- ***Зеленый климатический фонд (GCF)***

Зеленый климатический фонд должен стать важнейшим многосторонним механизмом финансирования мероприятий по смягчению последствий изменения климата. Большая часть запланированных на год 100 млрд. долларов США, которые индустриальные страны обязались предоставлять из государственных и частных источников, начиная с 2020 г., будет распределяться через GCF. Фондом будут финансироваться как мероприятия, направленные на предотвращение, так и на адаптацию к изменению климата. Они должны распространяться и на проекты по сохранению торфяных болот в странах с переходной экономикой и развивающихся странах.

- ***Адаптация***

Условия РКИК ООН для мероприятий по адаптации к изменению климата могут сделать возможным финансирование и поддержку сохранения торфяных болот в виде экосистемного подхода, особенно в развивающихся странах, где поддерживается разработка национальных планов по адаптации (NAP). Средства также могут быть отведены на другие текущие и будущие мероприятия по адаптации. Однако необходимо упомянуть, что направление по адаптации до нынешнего момента недополучало финансирование. Предусматривается, что Зеленый климатический фонд будет в будущем поддерживать финансирование мер по адаптации.

## ***Претворение в жизнь***

### **• *Свободный углеродный рынок***

Свободный углеродный рынок на данный момент является единственным подобным механизмом, через который может осуществляться финансирование проектов по сохранению торфяных болот. Углеродный рынок является важнейшей «испытательной лабораторией» технических решений по подсчету сокращений выбросов.

Проверенный углеродный стандарт (VCS) опубликовал новые принципы для проектов по землепользованию, в которых содержится новая категория «Восстановление торфяников и их сохранение» (PRC) (Эммер 2011). Эта категория разрешает два типа проектов: восстановление осушенных торфяных болот (Rewetting of Drained Peatland (RDP)) и сохранение неосушенных или частично осушенных торфяных болот (Conservation of Undrained or Partially drained Peatland (CUPP)). Оба типа могут комбинироваться согласно VCS с уже существующими категориями землепользования.

Если можно показать эффект взаимодействия с другими полями деятельности как сохранение биоразнообразия, экосистемные услуги или социально-экономические эффекты, тогда проекты по сохранению торфяных болот будут привлекательны и для других источников финансирования.

### **Инструкции по руководству Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК)**

В октябре 2013 г. МГЭИК обсудила и приняла «2013 Supplement to 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands» (Эммер 2011). В ней определены факторы эмиссий для различных типов водно-болотных угодий, в частности для торфяных болот. Тем самым возможно определить значения эмиссий, гарантированные и признанные для зачитывания. Во время 19 Конференции сторон РКИК ООН в Варшаве в ноябре 2013 года это дополнение было представлено и принято в качестве основы для подсчета выбросов в рамках конвенции и Киотского протокола. Тем самым теперь существует научный метод вычисления выбросов парниковых газов из торфяных болот, основывающийся на принципах GEST (GEST - Greenhouse gas Emission Site Type). При этом состав наземной растительности и уровень воды в болотах используются в качестве индикаторов количества выделяемых парниковых газов (Коувенберг и др., 2008 и 2011).



# Экосистемы торфяных болот в Кыргызстане

## Прежний уровень знаний

Прежний уровень знаний об экосистемах торфяных болот в Кыргызстане ограничивается некоторыми устаревшими исследованиями о распространении торфяных болот (Исаев 1956 и 1958), о свойствах органических почв (Дружинин и др., 1954, Дружинин и Харакоз 1959, Джолдошев 1970), а также их растительности (Коровин 1962, Соболев 1972, Головкова 1990). Более актуальные работы возникли в ходе написания диссертаций студентами и аспирантами Грайфсвальдского Университета имени Эрнста Морица Арндта (Цеммрих 1997, Хайнике 1999, Готтшлинг 2006 и др.).

## Распространение и местоположение

В литературе встречаются различные данные касательно распространения торфяных болот в Кыргызстане. Они лежат между 55 000 га согласно Дружинину и Харакоз (1959) и оценкой, согласно которой около 85 000 га земли покрыто торфяными болотами. Данные соответствуют 0,3–0,4 % от общей площади страны. С топографической карты масштабom 1:100000, отображающей состояние распространения водно-болотных угодий в 1970-х гг., были оцифрованы соответствующие топографические сигнатуры торфяных болот. Согласно этому на Рис. 35 представлена территория водно-болотных угодий (см. раздел Методика).

Большая часть торфяных болот находится в северной части Кыргызстана, основные места распространения торфяных болот площадью свыше 100 га находятся в долинах вокруг Бишкека и Таласа, а также на восточном побережье озера Сонкель, в поймах, таких как долина Суусамыр. Торфяные болота меньшей площади можно найти, прежде всего, в лощинах высокогорных массивов. Они могут встречаться на высоте до 4000 м. Раньше существовали и более обширные торфяные болота на краю Ферганской долины, которые в советское время были практически полностью мелиорированы и осушены. На сегодняшний день их больше не существует (Джолдошев 1970).

Растительный состав находится в диапазоне от зарослей тростника и сообществ камыша до зарослей осоки. Лесные торфяные болота и сообщества торфяного мха в Кыргызстане не встречаются.

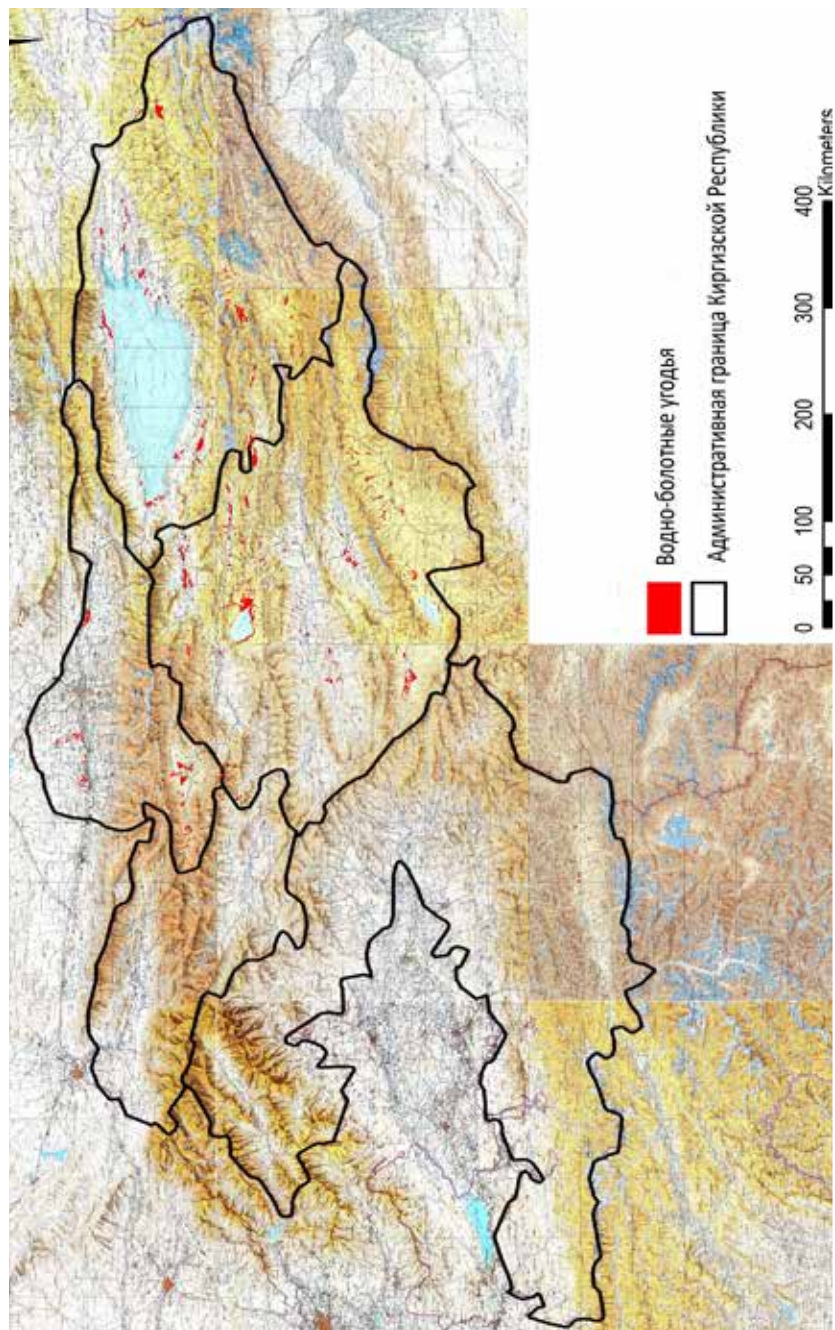


Рис. 35: Распространение водно-болотных угодий (красным) в Кыргызстане из топографических карт 1970-х гг. в масштабе 1:100 000. Автор: Мария Алес

## Типы торфяных болот

Условиями для возникновения торфяных болот являются достаточный приток воды, а также наличие скапливаемого слоя в подпочве. В Кыргызстане различные геоморфологически-гидрологические условия отвечают за образование торфяных болот (см. также Исаев 1958 и Хайнике 1999). Из-за имеющихся условий образования в Кыргызстане встречаются исключительно торфяные болота типа «низинные торфяные болота». Количество выпадающих за год осадков слишком мало для того, чтобы образовывались торфяные болота, подпитываемые дождевой водой; так условиями для образования торфяных болот в любом случае является наличие грунтовой и поверхностной воды. При этом вдоль реки из-за больших колебаний уровня воды и постоянных паводков образуются торфяные болота



*Рис. 36: большое образование пальз на проточном торфяном болоте, долина Суусамыр  
Фото: Томас Хайнике*

типа «паводковое торфяное болото поймы реки», как например, в долине Суусамыр и в Токмокском комплексном заказнике. Также и в расположенных выше областях встречается образование торфяных болот из-за паводков вдоль периодически затопляемых территорий, в большинстве своем в комбинации с проточными торфяными болотами на склонах. При этом торфяной слой настолько насыщается водой, что она течет по поверхности и тем самым торфяное болото становится проточным. Последний тип распространен в горах у подножий склонов и на конусах выноса рек, где выступает грунтовая либо родниковая вода, обеспечивая постоянное водонасыщение. На торфяных болотах, возникающих в области схода ледниковой воды, на образование торфа особенно сильно оказывает влияние динамика потоков ледниковой воды и принесенных с ней отложений – следствием является торф с пониженной мощностью и минеральными отложениями. Превратившиеся в торфяные болота территории на юго-восточном и северо-восточном берегах озера Сонкель являются примером осадочных торфяных болот, возникших из-за субаквального образования торфа вследствие снижения уровня воды в озере. Здесь органические остатки, например, от водных растений и живых

организмов, откладываются на дне озера; в восстанавливающихся условиях из них образуется торф.

Наряду с чаще всего встречающимися удерживающими слоями из глеевых почв и слоев ила на высоте от 3000 м над уровнем моря роль в образовании торфяных болот играют также вечномёрзлые почвы.

### **Вечная мерзлота**

Особенностью почвы на высоте свыше 3000 м является наличие вечной мерзлоты. При этом речь идет о так называемом вечномёрзлом грунте, который из-за климатических условий остается замёрзшим на протяжении всего года. Вечная мерзлота выступает здесь среди прочего в форме торфяных бугров – пальсы (см. рис.). При этом речь идет о ледяной сердцевине из замороженного торфа и нескольких ледяных линз, покрытых лежащим сверху материалом, в данном случае болотным грунтом. Эта возвышенность зимой, как правило, покрыта меньшим слоем снега, чем остальная местность, так что промерзание происходит быстрее. Благодаря свойству льда связывать воду вокруг, пальсы растут и поднимают лежащую на них болотную почву. Вследствие усиливающегося потепления среднегодовых температур может произойти таяние почв вечной мерзлоты и пальсы, что приведет к повышенной активности организмов в почве, вместе с этим к повышенному разложению и в итоге к повышенному высвобождению вредных для климата газов, таких как углекислый газ и метан. С другой стороны таяние вечномёрзлых почв может все же привести к изменению растительного покрова, к повышенному росту растений и тем самым к возобновлению связывания  $\text{CO}_2$ , так что механизмы высвобождения и связывания уравниваются.



*Рис. 37: Вид сверху на паводковое торфяное болото в Токмоке (800 м над уровнем моря Фото: Томас Хайнике*



Рис. 38



Рис. 39



Рис. 40



Рис. 41

Рис. 38: Наносное торфяное болото на северо-восточном берегу Сонкёль (3000 м над уровнем моря), Кыргызстан Фото: Мария Алес

Рис. 39: Холм пальсы на юго-восточном берегу Сонкёль. Фото: Томас Хайнике

Рис. 40: Суглинистый ил с включением льда, Сонкёль. Фото: Мария Алес

Рис. 41: бассейнообразное место выхода крупного источника, долина Суусамыр (2100 м над уровнем моря), Кыргызстан Фото: Томас Хайнике

# Результаты последних исследований в рамках проекта „KIRMO“

## Выбор территорий

Для проведения исследований на местности сначала на основе картографических знаков торфяных болот топографических карт 1:100 000 (обзоры в основном из 70-х гг.) были выбраны территории торфяных болот, которые с одной стороны показывают разнообразие торфяных болот на различных высотах страны, с другой стороны имеют подходящий размер и доступное расположение для проведения полевых работ. Это привело к выбору следующих территорий:

Обозначение территории	Высотный пояс	Количество трансект	Количество точек бурения	Количество проб грунта	Размер наибольшей связанной территории болота по ТК 1:100 000 на местности
Токмок	800 м	2	10	34	1 400 га
Кочкор	1 800 м	3	57	44	1 000 га
Суусамыр	2 100 м	5	94	104	1 400 га
Солтон-Сары	2 800 м	2	55	48	1 000 га
Сонкель	3 000 м	2	69	61	4 600 га
Арабел-Суу	3 800 м	2	37	33	220 га

Таблица 1: Выбранные территории исследования в Кыргызстане, а также высотный пояс, оцененный размер и количество исследованных трансектов, точки сверления и пробы почв

## Методы исследования

Внутри выбранных областей были отобраны территории, на которых были заложены от одной до двух репрезентативных для территории трансект от края болота до его центра, вдоль которых были определены пробные точки для почв и растительности (см. табл. 1). На каждой точке были зафиксированы растительность, данные почв, водные параметры (рН, температура воды и проводимость поверхностных вод), а также общая информация о местоположении, уклоне и температуре поверхности.

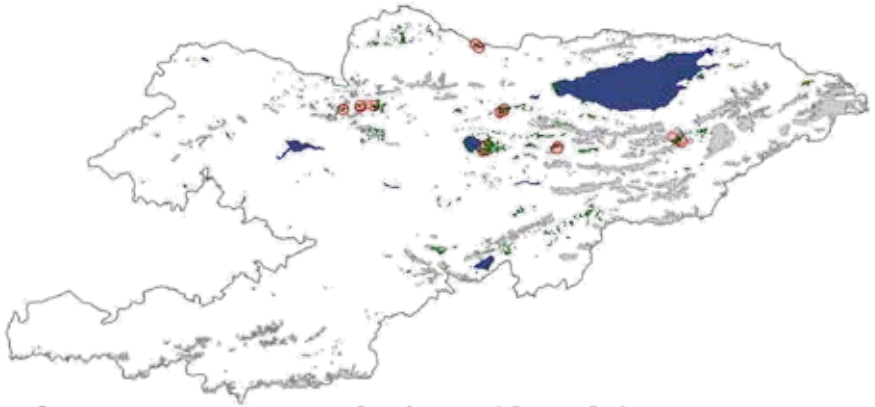


Рис. 42: Изображение областей исследования в Кыргызстане. Источник: Топографическая карта 1:500 000. Автор: Мария Алес



Рис. 43 и 44: Изображение трансекты 1, направленной от края болота к его центру, Солтон-Сары, источник: топографическая карта 1:100 000, сделанная аэрофотосъемкой. Автор: Мария Алес

## ***Растительность***

- картирование растительности по Braun-Blanquet на участке 3x3 м: Определение видов и коэффициент покрытия отдельных видов (сосудистые растения, мхи, лишайники),
- определение видов по следующей литературе: Флора Кыргызстана, Флора СССР, Определитель растений Центральной Азии, изготовление гербария, консультации специалистов, фотофиксация,
- единичное заложение под-участков (0,25x0,25 м) для определения продуктивности участка путем измерения высоты растений и биомассы представителей основного состава,
- дополнительная информация: высота, использование, поправа, уровень деградации.

## ***Почвы***

- Запись стандартизированных профилей почв, классификация согласно почвоведческому руководству по картированию (Ad-hoc-AG Boden 2005) (определение очередности слоев по виду торфа иламинеральной почвы, степень разложения торфа, примеси, содержание карбоната),
- взятие проб грунта (цилиндрические образцы верхней почвы, смешанные пробы из более глубоких слоев) для лабораторных анализов (измерение pH, содержание органических субстанций и содержание азота (анализ CNS), содержание карбоната, анализ размера семян),
- дополнительная информация: уклон склона, экспозиция, рельеф,
- на каждую территорию забор минимум одного полного профиля грунта для запланированного в будущем датирования возраста и анализа пыли.

## ***Результаты по растительности***

В зависимости от высотного пояса растительность торфяных болот делится на различные ассоциации растительных сообществ (см. табл. 2).

Большинство найденных видов адаптировано под условия водно-болотных угодий и тем самым в целом редки из-за небольшой доли экосистем торфяных болот в Кыргызстане. Так, например, некоторые виды орхидей, *Swertia* spp., первоцвет мучнистый и некоторые виды осоки. Найденный в Токмоке *Cladium mariscus* является даже первой находкой для Кыргызстана. Однако ни одно из этих растений не внесено в Красную книгу Кыргызстана (State Agency on Environment Protection and Forestry under the Government of Kyrgyz Republic et al. 2006), так как до настоящего времени практически отсутствовала актуальная информация о составе и состоянии растительности киргизских торфяных болот.



Территория	Высотный пояс	Растительность	Торф
Токмок	< 1 000 м	<u>кустарники</u> : <i>Salix</i> spp. <u>заросли</u> : <i>Phragmites australis</i> , <i>Schoenoplectus tabern.</i> , <i>Cladium mariscus</i> , <i>Typha angustifolia</i> , <i>T. laxmanni</i> <u>осока</u> : <i>Carex songorica</i> , <i>C. orbicularis</i> <u>по краям</u> : <i>Blysmus compressus</i>	Торф из тростника и осоки
Кочкор	1 000 – 2 000 м	<u>кустарники</u> : <i>Salix</i> spP. <u>заросли</u> : <i>Schoenoplectus tabern.</i> <u>осока</u> : <i>Carex songorica</i> , <i>C. orbicularis</i> , <i>C. compacta</i> <u>по краям</u> : <i>Blysmus compressus</i> , <i>Juncus gerardii</i>	Торф из осоки
Суусамыр	1 000 – 2 000 м	<u>кустарники</u> : <i>Caragana</i> spp. (вторичный) <u>заросли</u> : <i>Phragmites australis</i> (вторичный), <i>Schoenoplectus tabern.</i> <u>осока</u> : <i>Carex songorica</i> , <i>C. orbicularis</i> , <i>C. compacta</i> <u>по краям</u> : <i>Blysmus compressus</i>	Торф из осоки и бурого мха
Солтон-Сары Сонкель	2 000 – 3 000 м	<u>кустарники</u> : <i>Salix coesia</i> <u>заросли</u> : - <u>осока</u> : <i>Carex atrofusca</i> , <i>C. pamirensis</i> , <i>C. pseudo-foetida</i> <u>по краям</u> : <i>Carex melanantha</i> , <i>Kobresia</i> sp.	Торф из осоки и бурого мха
Арабел-Суу	> 3 000 м	<u>кустарники</u> : <i>Salix coesia</i> (редко) <u>заросли</u> : - <u>осока</u> : <i>Carex melanantha</i> , <i>C. atrofusca</i> , <i>C. pamirensis</i> , <i>C. pseudo-foetida</i> <u>по краям</u> : <i>Kobresia</i> sp.	Торф из осоки и бурого мха

Таблица 2: Территории исследования и их распределение по высотным поясам с учетом растительности

Также и для орнитофауны Кыргызстана торфяные болота являются чрезвычайно важным жизненным пространством для неперелетных, перелетных и гнездящихся видов как, например, огарь (*Tadorna ferruginea*), красношейная поганка (*Podiceps auritus*), журавль-красавка (*Anthropoides virgo*), черноголовый хохотун (*Larus ichthyaetus*), коростель (*Crex crex*) и черный аист (*Ciconia nigra*).

## ***Почвы***

Торфяные субстраты: : Анализы лабораторных результатов показывают, что большую часть торфов можно отнести к полуторфам от субнейтральных до богатых известью, т. е. торф с содержанием органической субстанции 30 – 70% (определение по Succow & Joosten, также и все последующие), при чем они на краях болот и в местах с начальным торфообразованием переходят в частичный торф (содержание органической субстанции 5 – 30%). Полный торф (содержание органической субстанции 70 – 90%) был обнаружен в основном в болотах на высоте между 2000 и 3000 м и встречается существенно реже, чем полуторф. Это объясняется высоким содержанием минеральных компонентов в большинстве торфов, препятствующих образованию полного торфа. Значения рН из нескольких точек находятся в диапазоне от кислотного (высота до 2500 м) и субнейтрального до щелочного субстрата. Как уже описано у Хайнике (2003), наличие кислого торфа предположительно объясняется вторичными процессами при временном осушении торфа. На торфяных болотах с сильным уклоном с режимом просачивания и/или протекания насыщенная известью вода отводится быстрее, так что не происходит насыщения торфа. На территориях с маленьким уклоном и по краям торфяных болот, а также на территориях с поднимающимися грунтовыми водами наоборот происходит усиленное откладывание извести.

Виды торфа и ила: Большая часть встречающегося на всех высотных поясах торфа состоит из остатков осоки, причем, роль играет прежде всего тонкая осока. Между тем в местах на высоте до 1000 м находится и торф из зарослей тростника обыкновенного (*Phragmites australis*), малого камыша (*Schoenoplectus tabernomontanii*) и меч-травы обыкновенной (*Cladium mariscus*). На высоте 1000 – 2000 м напротив больше не встречается тростниковый торф. Здесь встречаются только свежие макроостатки тростниковых растений. Особенностью стало наличие в долине Алабаш-Конур-Олен торфа рогоза узколистого *Typha angustifolia* (Хайнике 2003). На высоте свыше 2000 м встречается торф исключительно из осоки и бурого мха, а также смешанный торф из осоки и бурого мха.

В дополнение на всех высотных поясах встречаются грубые остатки осоки. На поросших древовидной караганой (*Caragana spp*) местах торфяных болот

(высота 2000–2500 м) в долине Суусамыр в более глубоких слоях также были найдены отдельные остатки листьев и древесины *Sagapana* spp.. На тех же высотных поясах, особенно на наносных торфяных болотах как Сонкель, к тому же часто встречаются остатки моллюсков (как в торфе, так и в иле). Степень разложенная в основном от низкой до средней, однако, почвообразующие изменения и высокое минеральное содержание в торфе также указывают на более высокую степень разложения.

Что касается ила, здесь речь идет в основном о содержащем и не содержащем известь иле, частично с высоким содержанием песка или глины. В местах с отмелями (например, в Токмоке) единично встречается также ил из детрита (содержание органической субстанции > 30 %).

Трофность: Для торфа показатели трофности колеблются в основном в эутрофном промежутке при отношении C/N между 10 и 20. Единичные пробы также дают показатели в политрофном (отношении C/N < 10) и в мезотрофном промежутках (отношении C/N 20 – 26).

Показатели трофности ила в основном также можно отнести к эутрофному промежутку (деление на трофические классы Succow & Joosten 2001).

Почвы торфяных болот: Результаты последовательности слоев показывают наличие от богатых щелочами до насыщенных известью нижних почв торфяных болот со слоем торфа более 30 см во всех исследованных высотных зонах (см. табл. 3). При этом на равнинах до 1000 м встречаются мощные торфяные слои со средней глубиной в 1 метр. Лежащие выше в горах территории торфяных болот со слоем торфа до 30 см имеют гораздо меньшую мощность и представляют собой наряду с почвами низких торфяных болот также и торфяные глеи с подтипами глей низких и уклонных торфяных болот. Причина этому обоснована в первую очередь климатом: произрастание растений ограничено более коротким вегетативным периодом и более низкими средними температурами. К тому же территории в высокогорье меньший промежуток времени не покрыты снегом, чем равнины, так как здесь таяние ледников проходило значительно позже, задержав тем самым начало образования торфяных болот. В дополнение к этому высокогорные торфяные болота обладают высокой динамикой из-за таяния ледниковой воды, когда фазы торфообразования чередуются с фазами занесения органического материала речными отложениями из потока ледниковой воды. К тому же подвергшиеся антропогенному изменению почвы торфяных болот выступают в форме торфяных гумусообразованных горизонтов в качестве гумусных нижних торфяных болот. Единично был найден превратившийся в почву ил, который мог образоваться при отсутствии интактного торфа в верхней почве.

Название территории	Высотный пояс	Почва торфяного болота	Преобладающие торф и ил
Токмок	< 1000 м	Насыщенное щелочами низинное торфяное болото и известняковое низинное торфяное болото	Торф из тростника и осоки
Кочкор	1000 – 2000 м	Глеи низинного торфяного болота, насыщенное щелочами низинное торфяное болото и известняковое низинное торфяное болото	Торф из осоки
Суусамыр	1000 – 2000 м	Насыщенное щелочами низинное торфяное болото, известняковое низинное торфяное болото, земляное низинное торфяное болото, болотный глей (глей низинного болота, склоновый глей)	Торф из осоки и бурого мха
Солтон-Сары, Сонкель	2000 – 3000 м	Насыщенное щелочами низинное торфяное болото, известняковое низинное торфяное болото	Торф из осоки и бурого мха
Арабел-Суу	> 3000 м	Глей низинного болота, известняковое низинное торфяное болото	Торф из осоки и бурого мха

*Таблица 3: Почвы торфяных болот и преобладающие виды торфа и ила на исследованных территориях*



*Рис. 45*

## ***Использование***

Исследованные почвы по большей части используются в качестве пастбищ для выпаса лошадей, коров и овец (см. рис. 45 и 46). Вплоть до самых высоко расположенных сыртов Арабел-Суу, все территории исследования, особенно на окраинах торфяных болот, имеют признаки деградации. Эти признаки проявляются в уплотнении верхнего слоя почвы и в образовании кочек, в обусловленном этим высыхании и «оземлении» горизонта верхнего слоя почвы, в образовании эрозийных промоин на более предрасположенных территориях торфяных болот, а также в изменении состава растительности. Это приводит среди прочего к закреплению пастбищных сорняков (например, некоторые виды бодяка (*Cirsium* spp.), одуванчик (*Taraxacum* spp.) и лютик (*Ranunculus* spp.), а также к распространению растений близлежащих степей (низинное расположение), альпийских и субальпийских лугов (высокогорье) с одновременным вытеснением изначально типичной растительности торфяных болот.

Также и на официально значащихся как заповедник территориях Каратал-Джапырык (Нарынская область, Сонкёль) и Токмокский комплексный заказник (Чуйская область, Токмок) частично осуществляется интенсивное использование территорий торфяных болот под пастбища.

## **Дистанционное зондирование торфяных болот Кыргызстана**

За последние годы были разработаны различные методы дистанционного зондирования поверхности земли, применимые также и на территории Центральной Азии. Эти продукты, однако, не предоставляют ни необходимой тематической дифференциации (территории торфяных болот, например, часто причисляются к «лугам»), ни пространственного разрешения (например,



*Рис. 46*

*Рис. 45 и 46: Торфяные болота в качестве пастбищ для лошадей и коров на Сонкёле. Фото: Томаса Хайнике и Марии Алес*

300 м для ESA CCI Land Cover Product).

До настоящего времени не существовало информации о нынешнем наличии торфяных болот и им подобных биомов в необходимом для локального и регионального использования виде и охвате. В рамках проекта был разработан метод автоматизированного распознавания территорий торфяных болот из находящихся в свободном доступе данных Landsat ETM/TM+, чтобы сделать возможной оценку территорий торфяных болот посредством данных дистанционного зондирования. Полученные при этом и представленные ниже размеры территорий необходимо рассматривать как предварительные данные, так как разработанный метод требует дальнейшей доработки.

## ***Методы***

Все наработанные данные Landsat были получены бесплатно из геологического архива США (U.S. Geological Survey Archiv); всего 121 полный снимок Landsat (в основном ETM+, а также выбранные сцены TM). Данные Landsat уже георектифицированы, однако, перед дальнейшим анализом должны быть пересчитаны в физические размеры (плотность луча) и исходящие из этого величины (отражательная способность, температура). С этой целью была создана программа, которая осуществляет эти пересчеты для каждой сцены при использовании загруженных метаданных.

Выявление территорий торфяных болот осуществлялось при мультипараметрическом подходе, при котором использовались как спектральные свойства поверхностей земли, так и их сезонное изменение. Измерения проводились для двух параметров, для которых в Кыргызстане ожидается высокая степень корреляции с территориями торфяных болот:

- **Вегетационный индекс (NDVI):** Особенно в летние месяцы территории торфяных болот должны иметь больший NDVI, чем близлежащие уже высушенные территории. Кроме того территории болот должны демонстрировать более равномерные годовые данные, чем орошаемые сельскохозяйственные территории.
- **Температура поверхности:** Landsat TM/ETM+ имеет большое преимущество, так как также происходят измерения и в тепловом канале, таким образом возможен анализ температуры поверхности. Территории торфяных болот должны показывать более низкую температуру поверхности, чем окружающие сухие луга, особенно в полуденные и послеполуденные часы из-за понижения температуры при испарении. Вследствие этого и сезонные изменения температуры поверхности на территории торфяных болот должны быть явно ниже, чем на других типах поверхности.

При определении территорий торфяных болот также был применен и статистический метод. Он состоял из следующих шагов:

1. Оцифровка базовых территорий торфяных болот из ТК 50 и ТК 100 для выбранных исходных территорий («где однажды были торфяные болота?»),
2. Определение базовых территорий торфяных болот, которые и на настоящий момент покрыты торфом («какие подходящие торфяные болота еще существуют сегодня?»),
3. Определение распределения различных базирующихся на NDVI и температуре поверхности параметров на базовой территории торфяных болот («что происходит с параметрами по территориям торфяных болот?»),
4. Определение вероятностных областей торфяных болот индивидуально для каждого рассматриваемого параметра. Второй и третий квартиль: наличие торфяного болота возможно, первый и четвертый квартиль: наличие торфяного болота маловероятно («чем отличается торфяное болото?»),
5. Суммирование вероятностей торфяных болот пиксель за пикселем на основе индивидуальных параметров («сколько особенностей торфяных болот встречается в пикселях?»),
6. Определение общей вероятности существования торфяных болот по трем классам: наличие торфяного болота маловероятно, наличие торфяного болота возможно, большая вероятность наличия торфяного болота («насколько возможно, что пиксель представляет торфяное болото?»).

Результатом является карта торфяных болот для выбранных тестовых территорий в Кыргызстане по трем классам «наличие торфяного болота маловероятно», «наличие торфяного болота возможно», «большая вероятность наличия торфяного болота».

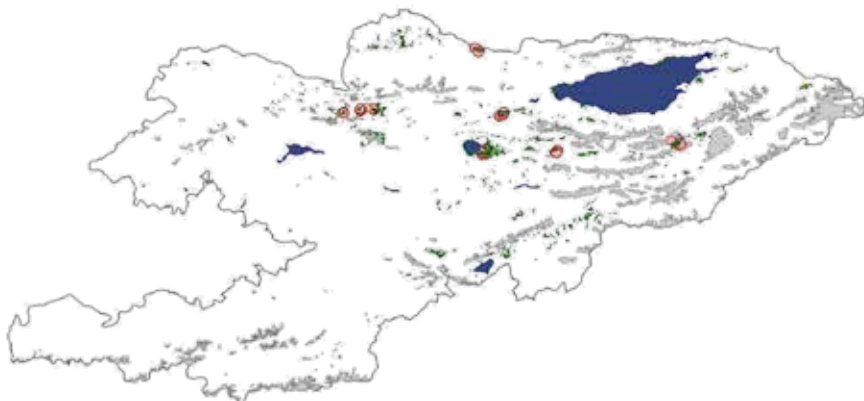


Рис. 47: Карта Кыргызстана. Серый цвет = ледники, голубой цвет = озера, зеленый цвет = территории торфяных болот согласно ТК 100, точки: территории исследования для проб in-situ

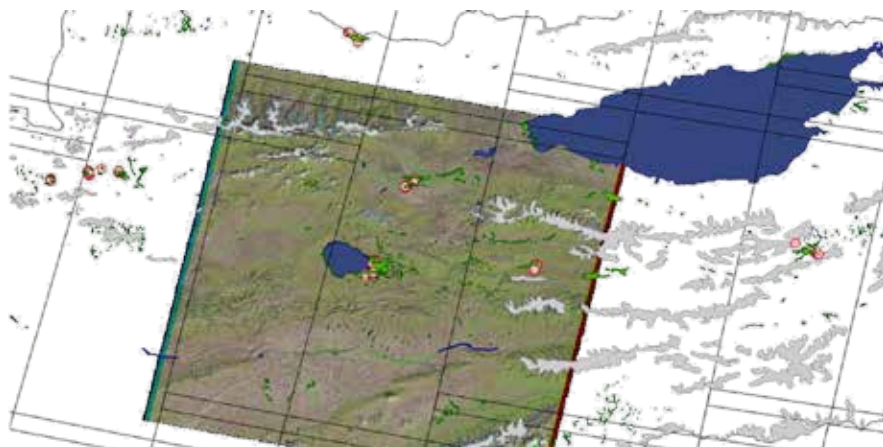


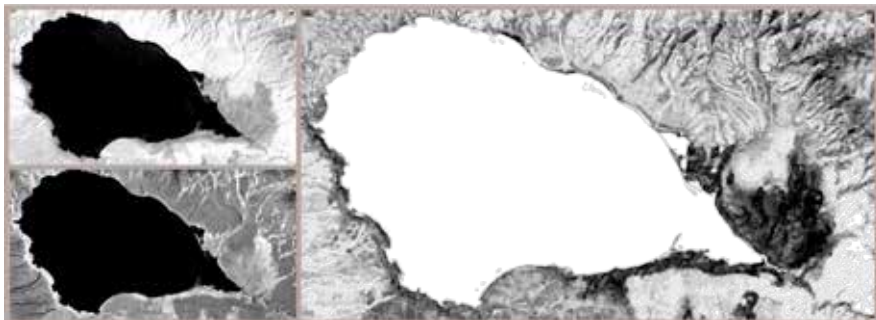
Рис. 48: Сцена Landsat 150/031 для региона вокруг озера Сонкель



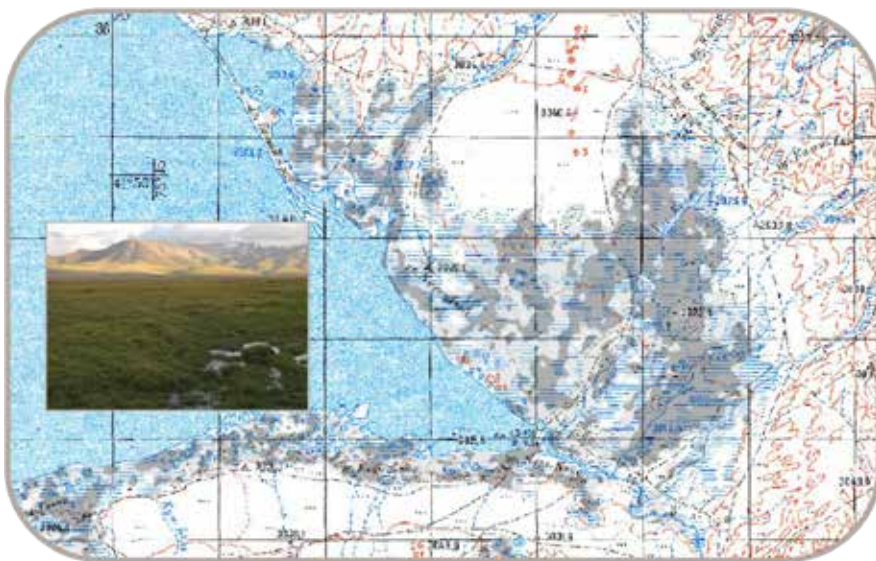
Рис. 49: Контрольные территории для торфяных болот на востоке Сонкель с трансектами

Рис. 47 – 50: Изображение шагов по расчётам возможности существования торфяного болота для сцен Landsat. Автор: Франк Фелл





*Рис. 50: слева сверху: максимальная температура поверхности во время контрольного периода (1999 – 2003). Более светлые участки означают более высокие температуры. Слева снизу: средний вегетативный индекс во время контрольного периода, более светлые участки означают более высокий вегетативный индекс. Справа: относительная частота наличия основных параметров территорий торфяных болот. Более темные участки показывают более высокую относительную частоту.*



*Рис. 51: Производная маска торфяных болот, основанная на ТК 100 (статус 1977). Большая вероятность наличия торфяных болот в контрольный период. Светло-серый: Большая вероятность наличия торфяных болот.*

## Оценка запасов углерода в торфяных болотах Кыргызстана

Количество органической субстанции и вместе с тем количество органического углерода, удерживаемого на территории торфяного болота, зависит в основном от условий образования, ведущих к проявлению определенных гидрогенетических типов торфяных болот (Цауфт и др. 2010). В зависимости от наличия различного количества воды и питательных веществ возникают разные по силе горизонты почвы с разной долей отложенной органической субстанции, чаще всего в форме торфа. В Кыргызстане мощность торфа частично сильно отличается в зависимости от высотной зоны. В долинах и предгорьях (до 2500 м) встречаются слои торфа до 4 м (и больше), причем торфяные болота чаще всего имеют низкую мощность (между 30 и 80 см).

### *Методы*

Для оценки запасов углерода в киргизских торфяных болотах территории исследования были разделены по классам высотных поясов. Внутри высотных поясов различаются свойства торфа в зависимости от сухого удельного веса и содержания углерода, так что необходим дифференцированный метод для проведения расчётов.

Из исследованных проб торфа по параметрам содержания органического углерода и сухого удельного веса для каждой высотной зоны для территорий на краю и в центре торфяного болота были выведены средние значения содержания углерода и умножены на среднюю глубину профиля для территорий на краю и в центре торфяного болота, предполагая, что содержание органического углерода на этих территориях различается.

Для того, чтобы сделать оценку запасов углерода в торфяных болотах Кыргызстана, площадь торфяных болот была взята из трех различных источников, отличающихся в точности.

1. Оцифрованные картографические знаки торфяных болот ТК 1:100 000 (весь Кыргызстан)
2. Оцифрованные картографические знаки торфяных болот ТК 1:50 000 (выбранные тестовые территории)
3. Автоматическое распознавание территорий торфяных болот посредством данных дистанционного зондирования (Landsat TM/ETM+, расширение 30 м)

Для подсчета способности накапливать углерод с учетом точных данных о площади посредством запроса из цифровой модели рельефа (DEM) с ГИС каждой территории болота был присвоен соответствующий высотный пояс (1 = < 1000 м; 2 = 1000–2000 м; 3 = 2000–3000 м; 4 > 3000 м). В результате для каждого высотного пояса определяется площадь, которая используется с применением полученных значений органического углерода по следующей

формуле для вычисления общей способности накапливать углерод:

$$(1) C_{\text{орг}} [\text{t/ha}]_{\text{торфяное болото}} = A_{\text{центр торфяного болота}} * \sum_i = 1^n (M_{H_i} * \rho_{H_i} * C_{\text{орг}} H_i) + A_{\text{край торфяного болота}} * \sum_i = 1^n (M_{H_i} * \rho_{H_i} * C_{\text{орг}} H_i)$$

Здесь А показывает площадь торфяного болота, МН – вертикальную мощность горизонта, ρН – сухой удельный вес соответствующего горизонта (i), а C<sub>орг</sub> Н – процентное соотношение органического углерода для каждого почвенного горизонта (масса-%).

## Результаты

Как из топографической карты 1:100 000 (ТК 100), так и из топографической карты 1:50 000 (ТК 50) посредством картографических знаков водно-болотных угодий была определена площадь торфяных болот. Они показывают торфяные болота и органические почвы и отображают состояние изученности на период картирования местности, т. е. 1960-х до 1970-х гг. Так как ТК 50 была составлена на основе ТК 1:25 000, она имеет более высокую точность, чем ТК 100. Рис. 52 показывает, что на ТК 100 фактический размер торфяных болот занижен, так как многие мелкие торфяники болота (< 10 Га) не отображены, а также границы территорий на исследованных участках частично имеют существенные отклонения.

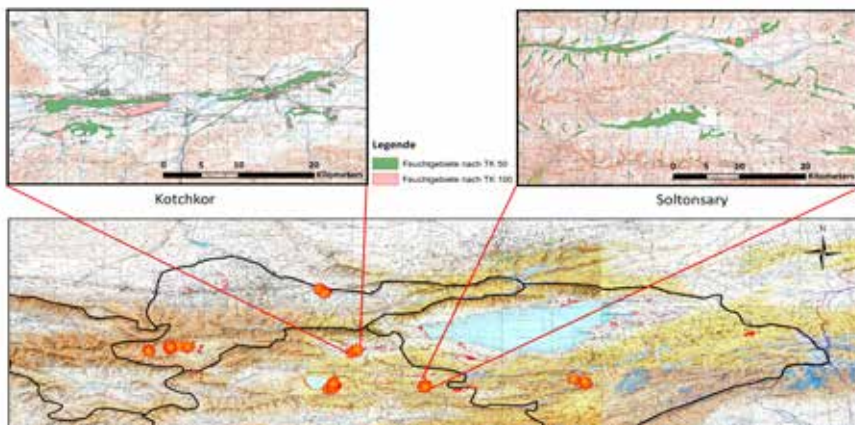


Рис. 52: Сравнение положения и размера оцифрованных топографических знаков водно-болотных угодий из топографических карт 1:100 000 и 1:50 000 для исследованных участков Кочкор и Солтансары. Источник: ТК 1:500 000, ТК 1:100 000 и ТК 1:50 000. Автор: Мария Алес

Полученный из данных Landsat размер торфяных болот частично показывает существенные отклонения от топографических знаков местности топографических карт, как касательно их местоположения, так и их размеров (см. табл. 4).

Номер среза листа	Территория	Площадь торфяного болота ТК 100 в Га	Площадь торфяного болота ТК 50 в Га	Площадь торфяного болота анализ Landsat в Га с вероятностью 90% (80%)
к43-043	Токмок	1531	1 609	2 733 (4 868)
к43-063	Сусамыр 1	1301	1 880	433 (2 049)
к43-064	Сусамыр 2	3439	3 738	4 796 (12 666)
к43-067	Кочкор 1	556	1 426	392 (464)
к43-068	Кочкор 2	2811	2 796	1 977 (3 422)
к43-079	Сонкель	7916	8 310	5 083 (8 513)
к43-081	Солтон-Сары	2090	4 548	878 (2 797)
к43-084	Арабел-Суу	2581	5 158	165 (990)
Все результаты исследования		22 225	29 465	16 457 (35 829)

Таблица 4: Площадь торфяных болот и органических почв для выбранных территорий исследования при различных исходных данных для подсчета: Оцифрованные топографические знаки торфяных болот из ТК 1:100 000, оцифрованные топографические знаки торфяных болот из ТК 1:50 000 и полученные по данным Landsat размеры, при которых учитывались все пиксели, для которых подходило 90% (80%) всех исследованных параметров в определенном как «типичный для торфяных болот» промежутке (см. Дистанционное зондирование – Методы).

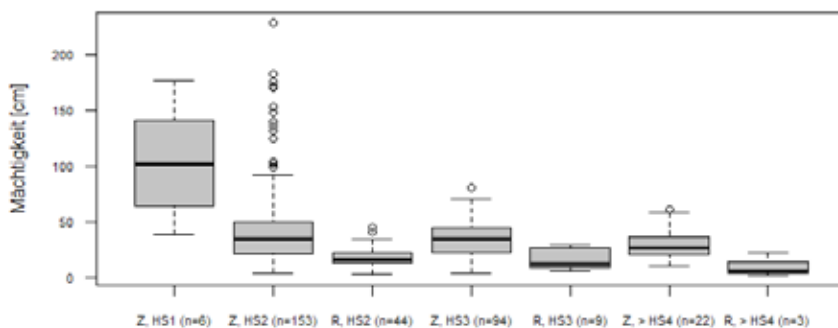


Рис. 53: Мощность торфа (включая оземленелый торф) в высотных поясах (HS) 1 (до 1000 м), 2 (1000 до 2000 м), 3 (2000 до 3000 м) и 4 (свыше 3000 м) для участков центра торфяного болота (Z) и края торфяного болота (R)

## Накопление углекислого газа

Средняя мощность торфа на исследованных высотных поясах представлена на рис. 53. Примечательна существенно большая мощность торфа в высотном поясе 1 в сравнении с расположенными в предгорье и на высокогорье территориями торфяных болот, причем на высоте 2000 м также могут встречаться мощные торфяные болота.

Содержание органического углерода и сухой удельной массы встречающегося торфа отличается незначительно внутри различных высотных зон, однако

Рис. 54

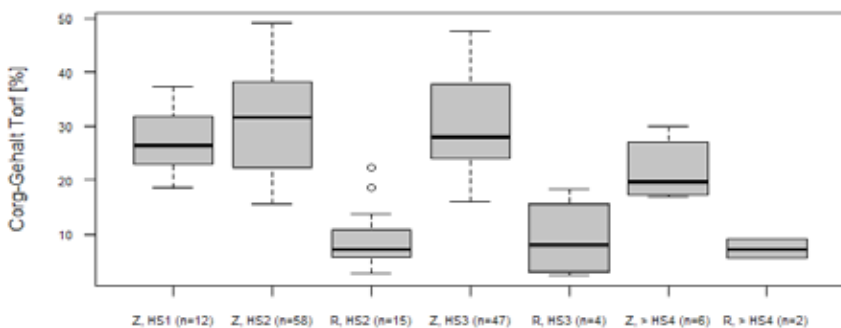


Рис. 55

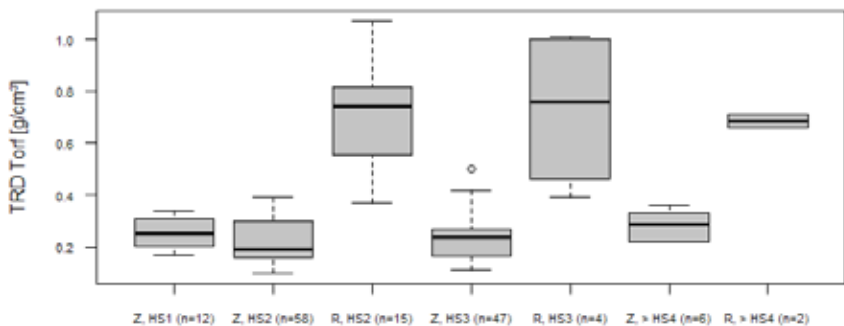


Рис. 54 и 55: Содержание органического углерода и сухой удельный вес торфа в высотных поясах (HS) 1 (до 1000 м), 2 (1000 до 2000 м), 3 (2000 до 3000 м) и 4 (свыше 3000 м) для участков центра торфяного болота (Z) и края торфяного болота (R)

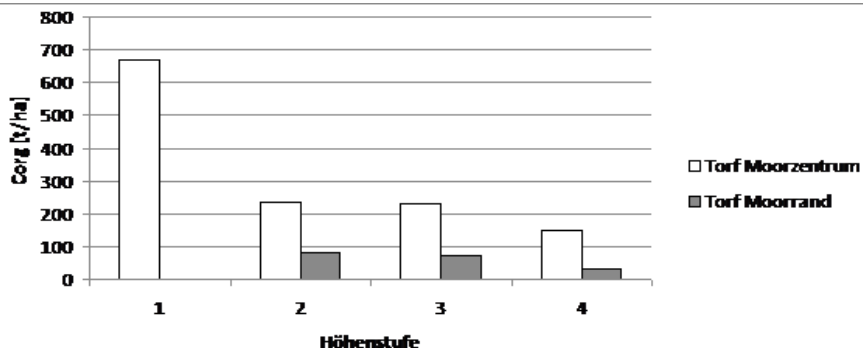


Рис. 56: Содержание органического углерода в киргизских торфяных болотах в высотных поясах 1 (до 1000 м), 2 (1000 до 2000 м), 3 (2000 до 3000 м) и 4 (свыше 3000 м).

отличается между участками центра и края торфяного болота (см. рис. 54 и 55).

Таким образом, в общем балансе углерода для высотных поясов особенно отражаются различия в мощности торфа.

На основе результатов актуальных исследований по предварительным оценкам в торфяных болотах Кыргызстана связано около 13,7 миллионов тонн органического углерода. Причем для отдельных высотных зон были установлены существенные различия. Так на низменностях до 1000 м над уровнем моря находятся территории торфяных болот с большой мощностью тела торфяного болота, в то время как исследованные территории торфяных болот в высокогорьях имеют слой в среднем лишь в 30 см толщиной. Согласно Хайнике (1999 и 2003) также на высоте 2000 м известны торфяные болота с мощностью до 2,5 м. Самый высокий процент территорий, однако, находится на высоте 2000 до 3000 м и составляет почти 50% от общей площади торфяных болот. Это отражается в общем балансе углерода для каждой высотной зоны. Причинами различий в способности накапливать углерод на гектар являются более высокая мощность торфяного слоя в более низких зонах и более высокий процент органического углерода в торфе. Промежуток накопления углерода лежит между 670 т органического углерода на гектар в районах на высоте до 1000 м и 150 т органического углерода на гектар в торфяных болотах с неглубокой основой высокогорий на высоте свыше 3000 м. На большей высоте на образование торфа сильно влияют наносимые из ледниковой воды отложения минерального субстрата и в торфе соответственно находится меньшее содержание углерода.

По причине более низкой мощности торфяных болот на высоте с 2500 м показатели накопления углерода на гектар в международном сравнении

кажутся довольно низкими. К примеру, в исследовании на севере Германии показатели находятся между 2800 и 450 т органического углерода на гектар (Цауфт и др. 2010), в Швейцарии (Ляйфелд и др. 2005) и в бореальной зоне (Юстен 2008) даются показатели в 1000 т органического углерода на гектар. Все же торфяные болота обладают самой высокой способностью накапливать углерод в сравнении с другими почвами и даже в Кыргызстане с минимумом в 150 т (и то только на высокогорьях свыше 3000 м, которые имеют лишь малую долю территорий от общей площади) имеют показатели выше показателей бурой почвы со значением в 110 т на гектар (Ляйфелд и др. 2005).

Предположительно доля территорий равнины до 1000 м над уровнем моря до начала комплексной мелиорации в 1960-х и 1970-х гг. была существенно больше. Именно торфяные болота на равнинах особо сильно пострадали от использования, большая часть бывших территорий торфяных болот уже на протяжении десятилетий полностью деградировала из-за дренажа и последующего использования в сельском хозяйстве. Тем не менее, трудно восстановить фактическую потерю территорий торфяных болот, так как большая часть пропала еще до начала создания подробной карты. Здесь важно сохранить оставшиеся территории или наладить их устойчивое использование.

**Все описанные здесь результаты должны рассматриваться как предварительные, так как в рабочих условиях в рамках проекта могла быть произведена лишь приблизительная оценка накопления углерода в киргизских торфяных болотах. Возможности для улучшения состоят как в методике распознавания территорий торфяных болот посредством дистанционного зонирования, так и в увеличении объема выборочных проб профилей почвы и проб почвы из киргизских торфяных болот.**

## Рекомендации к действию

Широко распространенная в Кыргызстане форма выпаса скота большими табунами привела к более сильной подверженности торфяных болот эрозийным процессам. Проводимая в советское время массивная индустриализация сельского хозяйства, а в Кыргызстане особенно скотоводства, привела к явному превышению допустимой нагрузки киргизских пастбищ, а вместе с тем и высокогорных пастбищ на местах торфяных болот.

И сегодня торфяные болота из-за большого водонасыщения представляют собой привлекательные территории для выпаса скота и используются в качестве пастбищ везде, где до них можно добраться. Даже экстенсивный выпас на территории торфяных болот, как он традиционно проводится в Кыргызстане, приводит к причинению вреда чувствительной болотной растительности и лежащему под ней слою торфа. При слишком высокой плотности табунов происходит вытаптывание и как следствие уплотнение почвы. Это приводит к изменению типичных для торфяных болот сообществ растений и к потере редких и находящихся под угрозой исчезновения видов.

Возможным способом снижения нагрузки на торфяные болота является сокращение выпаса посредством управления пастбищами. Так, например, пастбища могут полностью быть отведены под заготовку сена и обрабатываться адаптированной под влажные условия техникой. Чтобы снять существующую нагрузку на торфяные болота, необходимо отказаться от дренажа (это относится, прежде всего, к торфяным болотам на равнинах до 1000 м над уровнем моря). Другим потенциально многообещающим способом устойчивого выпаса скота на территориях торфяных болот в Кыргызстане является палудикультура (см. вставку). Здесь показывается, что использование территорий может проходить также и без потери торфяного слоя.

Так как именно высокогорные торфяные болота занимают особое место по причине их вышеупомянутых разнообразных функций для окружающих экосистем, рекомендуется, учитывая существующие экономические и социальные условия, также придать охранный статус выбранным территориям торфяных болот. Кроме того, с точки зрения охраны природы имеет смысл на территориях торфяных болот, деградированных из-за сельскохозяйственного использования или добычи торфа и не используемых на данный момент либо используемых лишь очень экстенсивно, инициировать меры по восстановлению в природном виде, чтобы улучшить экологическое состояние. Здесь, к примеру, подошел бы для проведения пилотного проекта уже находящийся под охраной Токмокский комплексный заказник.

К сожалению, часто более устойчивые методы ведения хозяйства уступают социально-экономическим трудностям и краткосрочным экономическим перспективам. Если бы принимались во внимание долгосрочные экономические



издержки от интенсивного выпаса скота, это можно было бы даже выразить в денежном эквиваленте, то в качестве устойчивой альтернативы остались бы только отказ от использования либо устойчивое использование влажных торфяных болот под сенокос (без привлечения тяжелой техники). На данный момент политический курс не направлен на внедрение устойчивого использования торфяных болот, а также не способствует их эффективной охране, что отчасти связано с недостаточным восприятием экологических рисков и причин их возникновения. Возможны законодательные ограничения для охраны территорий торфяных болот от использования либо от чрезмерного использования и/или управляемая государством политика субсидирования, которая дала бы возможность финансирования меньшего поголовья скота на единицу площади посредством выплат компенсаций сельскому населению и сообществам. Экономические выгоды многократно окупятся в течение многих поколений за счет восстановления и сохранения важных экосистемных услуг водно-болотных угодий. Здесь требуется постоянная работа общественностью на тему охраны экосистемных услуг и устойчивого использования торфяных болот, а также примеры «лучших практик» национальной и международной арены ННО и спонсоров (см. например Крис и др. 2014).

Правительство должна создать предпосылки для устойчивого использования земли под пастбища, использования водно-болотных угодий под выращивание кормов, а также для взятия под охрану территорий торфяных болот с возможностью их восстановления (т. е. отказ от использования).

## **Палудикультура**

«Палудикультура – это коммерческое использование биомассы влажных органических почв таким способом, при котором тело торфа долгое время остается сохраненным, а парниковые газы и выбросы других веществ, которые бы выделялись при осушении торфяного болота, сокращаются» (Рабочее определение палудикультуры в проекте «Инициатива для палудикультуры Передней Померании», февраль 2013). Для этого в палудикультуре используется надземная часть чистой первичной продукции растительности торфяного болота, которая подвержена быстрому микробному разложению и не принимает участия в образовании торфа.

## Вывод и перспективы

В исследовательском проекте «KIRMO – экосистемные функции высокогорных торфяных болот в Кыргызстане – оценка состава и угроз от использования», финансируемом Федеральным министерством окружающей среды, охраны природы, строительства и безопасности ядерных реакторов Германии (BMUB) на основании решения парламента ФРГ через немецкое общество по международному сотрудничеству (GIZ), впервые был проведен крупномасштабный учет имеющихся территорий торфяных болот касательно их экологической обстановки и актуального состояния. При этом были исследованы районы на всех высотных поясах от долин страны (700 м н.у.м.) до высокогорий (3800 м н.у.м.). С результатами были представлены и репрезентативные данные по растительности и почвам на исследованных территориях торфяных болот. Примененные в исследовательском проекте методы соответствовали поставленной задаче и таким образом привели к первой предварительной оценке запасов углерода в киргизских торфяных болотах.

Из бесед с киргизскими пастухами, учеными и студентами, проводимых в ходе проекта, стало ясно, что практически отсутствуют знания о значении нетронутых торфяных болот и их устойчивом использовании и охране, и им до этого времени уделялось слишком мало внимания. Особенно на этом фоне важно сообщить результаты данного исследования лицам, принимающим решения на национальном и международном уровне. На вебсайте проекта [www.kirmo.hu-bodenkunde.de](http://www.kirmo.hu-bodenkunde.de) доступны все разработанные в ходе проекта документы. В международных научных журналах планируется публикация статьи о части дистанционного зондирования и статьи об оценке способности накапливать углерод. Также начатые исследовательские работы в Кыргызстане будут продолжаться Томасом Хайнеке в рамках докторской диссертации в 2014 и 2015 гг. и полученные результаты будут опубликованы предварительно до 2016 г.

Мы надеемся, что сможем данной информацией заинтересовать государственные структуры и НПО в сфере охраны торфяных болот и тем самым соответствовать национальным и международным обязательствам.

Если у вас возникнут вопросы либо комментарии по проекту и его результатам, Вы можете в любое время обратиться к руководителю научного отдела почвоведения и изучения местности Университета Гумбольдта в Берлине проф. доктору Ютте Цайтц ([jutta.zeitz@agrар.hu-berlin.de](mailto:jutta.zeitz@agrار.hu-berlin.de)).

## Литература

Ad-hoc-AG Boden (2005). Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage, Hannover.

Canadell, P. (2011). The Global Carbon Budget and the Role of Forests and Peatlands. Presentation. Workshop on Tropical Wetland Ecosystems of Indonesia, Bali, April 11–14, 2011. verfügbar unter: [www.forestsclimatechange.org/fileadmin/tropicalworkshop/Overview\\_Session/1P\\_CanadellP\\_GCP.pdf](http://www.forestsclimatechange.org/fileadmin/tropicalworkshop/Overview_Session/1P_CanadellP_GCP.pdf).

Clymo, R.S. (1983). Peat. In: Gore, A.J.P. [Ed.]: Swamp, bog fen and moor. General studies. Ecosystems of the world 4A. Amsterdam. Elsevier. 159-224.

Couwenberg, J., Augustin, J., Michaelis, D. & Joosten, H. (2008). Emission Reductions from Rewetting of Peatlands. Towards a Field Guide for the Assessment of Greenhouse Gas Emissions from Central European Peatlands. Duene/RSPB, Greifswald/Sandy.

Couwenberg, J., Dommain, R. & Joosten, H. (2010). Greenhouse gas fluxes from tropical peatlands in South-East Asia. In: Global Change Biology. 16. 1715-1732.

Couwenberg, J., Thiele, A., Tanneberger, F., Augustin, J., Bärish, S., Dubovik, D., Liashchynskaya, N., Michaelis, D., Minke, M., Skuratovich, A. & Joosten, H. (2011). Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. Hydrobiologia, 674, 67-89.

Cris, R., Buckmaster, S., Bain, C. & Reed, M. [Eds.] (2014). Global Peatland Restoration demonstrating SUCCESS. IUCN UK. National Committee Peatland Programme, Edinburgh.

Druzhinin, I.G., Charakoz, A.E. & Bugubaev, A.B. (1954). Торф чуйской долины и его использование в сельском хозяйстве. [Der Torf des Tschu-Tales und seine Nutzung in der Landwirtschaft].

Druzhinin, I.G., Charakoz, A.E. (1959). Физико-химическая характеристика торфа Киргизии. [Physisch-chemische Charakterisierung der Torfe Kirgistans]. Akademija Nauk Kyrg. SSR, Frunse.

Dzholdoshev, K. (1970). Заболоченные почвы Киргизии, пути их сельскохозяйственного использования и мелиорации. [Moorböden Kirgistans, Möglichkeiten der landwirtschaftlichen Nutzung und Melioration]. Dissertation. Akademija Nauk Kyrg. SSR, Frunse.

Emmer, I. (2011). Baseline and monitoring methodology for the rewetting of drained peatlands used for peat extraction, forestry or agriculture based on GESTs. Verified Carbon Standard. Methodology: VCS Version 3. Silvestrum and Greifswald University. Letzter Zugriff: 04.05.2014. verfügbar unter: <http://www.v-c-s.org/sites/v-c-s.org/files/PRC%20RDP%20GEST%20methodology.pdf>.

Golovkova, A. G. (1990). Растительность киргизии, рациональное использование и охрана. [Die Vegetation Kirgistan, rationelle Nutzung und Schutz]. Frunse.

Gottschling, H. (2006). Die Naturräume des Biosphärenreservats Issyk-Kul in Kirgisistan. Eine landschaftsökologische Studie an Transekten. Dissertation. Greifswalder Geographische Arbeiten. Institut für Geographie und Geologie der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald. Greifswald.

Heinicke, T. (1999). Die Moorbildungen des Alabasch Konur-Olen Tales im Biosphären-territorium Issyk-Kul/Kyrgyzstan. Eine landschaftsökologische und sozio-ökonomische Analyse. Diplomarbeit im Hauptfach Landschaftsökologie und Naturschutz. Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald. Greifswald.

Heinicke, T. (2003). Moorbildungen in der Trockensteppenzone des Issyk-Kul Beckens (Kirgisistan) – Teil 1: Boden, Stratigraphie und Hydrologie. TELMA, Band 33, 35 – 58, Hannover.

Isaev, D.I. (1956). Болота Северной Киргизии [Moore Ost-Kirgistan]. Frunse.

Isaev, D.I. (1958). Классификация болотных массивов Северной Киргизии [Klassifikation der Moormassive Ost-Kirgistan]. Akademija Nauk Kyrg. SSR, Frunse.

Joosten, H. (2008). Peatlands and carbon. In: Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minaeva, T. & Silviu, M. [Eds.] 2008. Assessment on peatlands, biodiversity and climate change. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International Wageningen, 99-117.

Joosten, H. (2009). The Global Peatland CO<sub>2</sub> Picture. Peatland status and emissions in all countries of the World. Ede, Wetlands International. 10 S. verfügbar unter: [tinyurl.com/yaqn5ya](http://tinyurl.com/yaqn5ya).

Joosten, H., Tapio-Biström, M.-L. & Tol, S. [Hrsg.] (2012). Peatlands – guidance for climate change mitigation through conservation, rehabilitation and sustainable use. FAO & Wetlands International. 100 S.

- Korovin, E.P. (1962). Растительность Средней Азии и южного Казахстана. том 2. [Die Pflanzenwelt Mittelasiens und Südkasachstans]. Taschkent.
- Leifeld, J., Bassin, S. & Fuhrer, J. (2003): Carbon stocks and carbon sequestration potentials in agriculture soils in Switzerland. Schriftenreihe der FAL (44), 120 S.
- Leifeld, J., Bassin, S. & Fuhrer, J., (2005). Carbon stocks in Swiss agricultural soils predicted by land-use, soil characteristics, and altitude. Agriculture Ecosystems & Environment 105 (January (1–2)), 255–266.
- Meier-Uhlherr, R., Schulz, C. & Luthardt, V. (2011): Steckbriefe Moorsubstrate. HNE Eberswalde [Hrsg.], Berlin.
- Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minaeva, T. & Silviu, M. [Eds.] (2008). Assessment on peatlands, biodiversity and climate change. Kuala Lumpur, Global Environment Centre and Wageningen, Wetlands International. 179 S.
- Sobolev, L.N. (1972). Очерк растительности иссык-кульской котловины. [Übersicht über die Pflanzenwelt des Issyk-Kul Beckens] Frunse.
- State Agency on Environment Protection and Forestry under the Government of Kyrgyz Republic, Institute for Biology and Pedology of the National Academy of Sciences of Kyrgyz Republic, Ecological Movement “Aleine” of Kyrgyzstan (2006). Kyrgyz Republic Red Data Book. 2nd Edition. Bishkek, 544 S.
- Succow, M. & Jeschke, L. (1986). Moore in der Landschaft. Leipzig. Jena. Berlin.
- Succow, M. & Joosten, H. (2001). Landschaftsökologische Moorkunde. Stuttgart.
- Wichtmann, W., Schröder, C. & Joosten, H. [Hrsg.] (in prep.). Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore für regionale Wertschöpfung, Klimaschutz und Biodiversität. Stuttgart.
- Zauft, M., Fell, H., Glaßer, F., Roszkopf N. & Zeitz, J. (2010). Carbon storage in the peatlands of Mecklenburg-Western Pomerania, north-east Germany. Mires and Peat, Volume 6. Article 04, 1–12.
- Zemrich, A. (1997). Naturräumliche Kennzeichnung des Nordufers eines Hochgebirgssees im Zentralen Tienschan. Diplomarbeit im Hauptfach Landschaftsökologie und Naturschutz. Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald. Greifswald.

## Выходные данные

Координация проекта:

Проф. Юта Цайц

Университет Гумбольдта в Берлине

Сельскохозяйственно-садоводческий факультет

Кафедра почвоведения и изучения местности

Albrecht-Thaer-Weg 2, 14195 Berlin

Тел: +49 (0)30 2093 46486

Email: [jutta.zeitz@agrar.hu-berlin.de](mailto:jutta.zeitz@agrar.hu-berlin.de)

Ответственность за содержание:

Себастиан Шмидт

Фонд Михаэля Зуккова по охране природы

Ellernholzstr. 1/3, 17489 Greifswald

Тел: +49 (0)3834 8354210

Email: [info@succow-stiftung.de](mailto:info@succow-stiftung.de)

Грайфсвальд, апрель 2015, первое издание

Напечатано на 100% переработанной бумаге

Проект финансируется в рамках проекта «Развитие потенциала для устойчивого развития энергетики и климатической политики в Центральной и Восточной Европе, России и Центральной Азии» как часть Международной инициативы по изменению климата (IKI) Федерального министерства окружающей среды, охраны природы и безопасности ядерных реакторов Германии (BMU) через Германское общество международного сотрудничества (GiZ). Он проводится совместно исследовательской группой Кафедры почвоведения и исследования местности Сельскохозяйственно-садоводческого факультета Университета Гумбольдта в Берлине, Фондом Михаэля Зуккова, ООО In-formus, ОФ «САМР Алатоо» в сотрудничестве с Министерством сельского хозяйства Республики Кыргызстан, а также с Кыргызским национальным аграрным университетом.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

