

# Как выиграть борьбу с эрозией почвы: спасти плодородные земли и сохранить качество воды с помощью ядерных методов

Николь Яверт и Миклош Гашпар

Эрозия поглощает плодородные земли, нанося угрозу производству продовольствия и доходу крестьян. Верхний слой почвы, который страдает первым, является самым питательным. Часто эта питательная почва в конечном счете попадает в реки и озера, где стимулирует рост водорослей, снижая тем самым уровень кислорода в воде. Это в свою очередь ухудшает качество воды и наносит вред популяциям рыбы.

Ядерные методы могут помочь ученым и фермерам найти очаги эрозии и правильный способ сохранения почвы, чтобы спасти как сельскохозяйственные угодья, так и источники пресной воды (см. врезку «Наука» на стр. 17). МАГАТЭ в сотрудничестве с Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) оказывает поддержку 70 странам в исследованиях эрозии почв. В этой статье рассказывается о двух из них: в Марокко, где внимание сосредоточено на сельскохозяйственных угодьях, и в Мьянме, где идет борьба с засильем водорослей во втором по величине озере страны.

## Спасая сельхозугодья в Марокко

Фермер Эль-Хадж Абдеслам и его три помощника годами боролись с эрозией почвы, которая буквально «сметала» их плодородные земли, а заодно и доходы.

«Год за годом эрозия почв ухудшала качество моего участка, и из-за этого производительность на ферме упала, — говорит Абдеслам, владеющий фермой площадью 5 гектаров, засеянной горохом и зерновыми, которая кормит его семью из 7 человек и является единственным источником дохода. — С тех пор как ученые помогли мне сохранить почву, производительность на ферме поднялась на 20–30% и доходы возросли».

Ученые применяли методы с использованием радионуклидов, содержащихся в выпадениях, и стабильных изотопов, содержащихся в конкретных органических соединениях (см. врезку «Наука» на стр. 17), для обнаружения подверженных эрозии земель и оценки эффективности различных методов сохранения почв. Этот метод был внедрен, с тем чтобы отреагировать на крупные потери почвы в Марокко — более 100 млн тонн ежегодно.

«Как только мы узнали о местах расположения очагов эрозии, мы протестировали несколько ядерных методов сохранения почв, чтобы определить, каким образом лучше исправить ситуацию. Мы адаптировали и объединили уже широко используемые в мире различные методы сохранения почв, чтобы убедиться, какой из них лучше всего подходит к экологическим и сельскохозяйственным условиям Марокко», — говорит Монсеф Бенмансур,



**Сын фермера Абдеслама едет на тракторе, помогая в работе на ферме, в то время как ученые производят отбор проб с полей.**

(Фото: Р. Муссадек/INRA)

руководитель отдела водных, почвенных ресурсов и климата Национального центра ядерной энергии, науки и технологии (CNESTEN).

Более 40% общей площади территории Марокко затронуто эрозией почв из-за обезлесения, чрезмерного выпаса пастбищных животных и слабого озеленения. Это усугубляется суровыми климатическими условиями, т. е. длительными периодами засухи и короткими периодами интенсивных дождей. Крутые гряды гор, как бы высеченные в пейзаже страны, также ухудшают ситуацию с сельхозугодьями и фермерскими хозяйствами.



На 15-градусном склоне почва противостоит гораздо большей гравитации (силе тяжести).

(Инфографика: Ф. Нассиф/МАГАТЭ)

Например, ферма Абдеслама находится на крутом 10–15-градусном склоне. Это означает, что почва может легче смываться дождями, особенно плодородный верхний слой (см. инфографику).

Новый метод сохранения почвы представляет собой сочетание выращивания зерновых культур путем беспашотного земледелия с высаживанием фруктовых деревьев и защитных полос кустарников. Беспашотное земледелие (или нулевая обработка почвы) помогает оставить почву нетронутой вместо ее копания или вспашки, что подразумевает культивация. Оставшиеся

в земле корни и остатки, т. е. стебли и листья растений помогают улучшить структуру почвы и ее «здоровье» в целом, что положительно сказывается на почве крутых склонов.

«В настоящее время мы сократили потери почвы в регионе Танжер-Тетуан на 40% и на 60% в регионе Касабланка-Сеттаг, — говорит Бенмансур. — Министерство сельского хозяйства и Верховная комиссия по водным ресурсам, лесному хозяйству и борьбе с опустыниванием используют результаты проекта и примененные в нем методы для расширения усилий по сохранению почв фермерских хозяйств по всей стране».



Ученые производят отбор пробы почвы во время исследования очагов эрозии с помощью ядерных методов.

(Фото: INRA)

## Сохранение озера Инле в Мьянме



**Качество воды красивого озера Инле в центральной части Мьянмы находится под угрозой в результате эрозии почв на соседних холмах.**

(Фото: М. Гашпар/МАГАТЭ)

Существование десятков тысяч людей зависит от пресной воды озера Инле в центральной части Мьянмы, но почва соседних холмов в результате эрозии оказывается в озере и ставит под угрозу качество воды и хрупкую экосистему. В ходе исследования с использованием ядерных методов ученые точно определили источники эрозии почвы в долине подпитывающей озеро реки Калав, вдоль которой в последние десятилетия происходит интенсивное обезлесение. Это исследование позволило местным

сотрудникам лесного хозяйства сосредоточить свои усилия по сохранению почв на самых подверженных эрозии районах.

«Озеро помогут спасти методы сохранения почв и распространение новых данных для информирования населения о последствиях незаконного бурения колодцев и широкого применения озера в качестве плавучего огорода», — говорит У Сейн Тун, смотритель парка отдела лесного хозяйства в Ньоншуэ, самом большом городе на берегу озера.

Исследование по эрозии, которое было завершено в 2017 году, проводилось лесным научно-исследовательским институтом Мьянмы при поддержке МАГАТЭ в сотрудничестве с ФАО. Проект частично финансировался в рамках Инициативы в отношении мирного использования ядерной энергии.

В ходе исследования использовались два ядерных метода — для характеристики накопления и движения почвы, а также для определения ее происхождения и районов, подверженных деградации почв (см. врезку «Наука»). «Результаты показали, как в районе водораздела реки Калав, где 15 лет назад исчезли леса, с того времени каждый год также терялось 26 тонн почвы», — говорит Чхоу Чхоу Вин, возглавлявшая это исследование. «Потери почвы на землях, где 40 лет назад исчезли леса и началась обработка почвы, составляют 40 тонн с гектара в год. И наоборот, на подобных землях, где не были вырублены леса, никакой эрозии не происходит», — говорит она.



**Эрозия почв на водоразделе Калав. Большая часть почвы, сошедшей с этого холма, оказалась в озере Инле.**

(Фото: М. Гашпар/МАГАТЭ)

Были замечены значительные потери почвы на верхних частях холмов и накопления почвы в низменных местах вокруг озера. «Это указывает на то, что продолжают значительные выпадения почвы в озеро», — говорит Чхоу Вин.

«Остановить деградацию окружающей среды вокруг озера Инле, вызванную эрозией почвы, сейчас является главной задачей не только местных органов лесного хозяйства, но и также регионального правительства штата Шан», — говорит Сейн Тун. Главный министр правительства штата Шан д-р Линн Хтут согласился возглавить комиссию, задача которой состоит в улучшении состояния озера. «Исследование, выполненное г-жой Чхоу Чхоу Вин, является важным вкладом в наши усилия», — говорит Тун.

Эти усилия также помогут нам защитить разнообразную и уникальную среду обитания озера, которая была в 2015 году признана на международном уровне, когда Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) объявила озеро Всемирным биосферным заповедником. «Это звание придает нам дополнительную ответственность: озеро теперь не только наше наследие, но также и часть всемирного наследия», — говорит Тун.



**Специалист по эрозии почв Чхоу Чхоу Вин и местный сотрудник лесного хозяйства осматривают очаги эрозии вокруг озера Инле.** (Фото: М. Гашпар/МАГАТЭ)

## НАУКА

### **Анализ радионуклидов, содержащихся в выпадениях, и стабильных изотопов, содержащихся в конкретных органических соединениях**

Радионуклиды глобальных выпадений (РГВ) присутствуют в атмосфере и с дождем попадают на поверхность почвы.

Они связываются с частицами почвы и концентрируются в основном в верхнем слое почвы. Они прочно фиксируются частицами почвы и не поглощаются растениями. В ходе процессов эрозии и осадения они перемещаются вместе с частицами почвы и могут применяться для отслеживания перераспределения грунтов на больших участках и в течение длительных периодов времени. Когда верхний слой почвы подвергается эрозии, концентрация РГВ падает и ученые могут проследить и измерить это с помощью гамма-спектрометрии. Их анализы могут помочь определить изменения в трафаретах перераспределения почвы и коэффициентах перераспределения почвы в больших водосборных бассейнах. Они также помогут провести оценку эффективности мер сохранения почв в ходе борьбы с эрозией почв. Тремя наиболее распространенными радионуклидами, содержащимися в глобальных выпадениях, являются цезий-137, свинец-210 и бериллий-7, причем цезий-137 является самым распространенным.

Методы стабильных изотопов, содержащихся в определенных соединениях, предусматривают измерения стабильных изотопов, например, углерода-13, содержащегося в определенных связываемых с почвой органических соединениях, таких как жирные кислоты. Жирные кислоты образуются в корнях растений, животном жире и других средах и остаются в естественных экосистемах, которые претерпевают изменения и становятся частью органических веществ почвы. Эти соединения хранят уникальные сигнатуры стабильных изотопов, почти как отпечатки пальцев. Поскольку состав углерода-13 уникален для каждого соединения, его анализ раскрывает происхождение имевшей место эрозии почв. Связывая следы углерода-13 в землепользовании с отложениями в зонах седиментации, эта методика полезна для определения источников эрозии почв и выявления районов, подверженных деградации почв, тем, что она позволяет компетентным органам расставлять приоритеты применения мер по сохранению почв в отношении районов, сильнее всего подвергшихся эрозии почвы.