

^ ^ ^ ^ ^ = ^ ^ ^ ^ ^ =

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Удк 574.42:551.4.044:504.064.3

ФИТОИНДИКАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СМЕЩЕНИЙ при МОНИТОРИНГЕ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

© 2010 г. М. В. Кожевникова*, М.
Б. Фардеева, Б. и. Муглиев**

**Министерство экологии и природных ресурсов республики Татарстан **Казанский
государственный университет, факультет географии и экологии*

Поступила в редакцию 21.07.2008 г.

Работа посвящена разработке идеи использования фитоиндикационных методов диагностирования оползневых смещений при мониторинге экзогенных процессов. Рассматриваются два разных типа оползней по механизму возникновения: блокового и вязкопластичного, каждый из которых, в свою очередь, разделен на условно стабильные и активные. Применены следующие анализы: флористический, эколого-ценотический и соотношение эколого-ценотических групп видов в сообществах, сравнительный анализ жизненных форм с определением биоморф, экологический и соотношение экологических групп видов в сообществах, геоботанические характеристики отдельных видов, анализ сходства видового состава описанных фитоценозов внутри каждого участка между различными элементами оползня при помощи коэффициента общности Серенсена-Чекановского. На основе анализа 128 описаний делается заключение о возможности применения каждого из методов.

ВВЕДЕНИЕ

Мониторинг экзогенных геологических процессов - составная часть системы Государственного мониторинга состояния недр, заключается в наблюдении, оценке и прогнозе таких геологических процессов, как эрозия, абразия, карст и оползневые процессы. Особенно важно для решения задач мониторинга экзогенных процессов определение пространственных и временных закономерностей их проявления, прогнозирование тенденций развития и выделение наиболее опасных участков.

Традиционные методы наблюдения за оползневыми процессами, базирующиеся на инструментальных и полуинструментальных способах измерения определенных характеристик на грунтовых или опорных реперах, изучении свойств пород и грунтов, участвующих в формировании оползня, наблюдении за уровнем подземных вод в специально оборудованных скважинах и т.д., требуют значительных как ресурсных, так и временно-людских затрат.

Одним из решений, позволяющим оптимизировать затраты при постановке мониторинга оползневых процессов, могло бы стать введение в практику методов фитоиндикации. При применении данных методов используются индикационные особенности различных видов растений, их флористические, экологические, фитоценотические, биоморфологические и другие характеристики, состав и структура растительного

сообщества, отражающие его положение в сукцессивном ряду, которое зависит, по нашим предположениям, от возраста оползня и подвижности его различных морфологических элементов [9].

Таким образом, цель работы - исследование возможности применения фитоценотического метода при исследовании оползневых процессов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУКЦЕССИОННЫХ СТАДИЙ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА КАК ИНДИКАТОРА ОПОЛЗНЕВЫХ ДВИЖЕНИЙ

основа биоиндикации - теснейшая взаимосвязь и взаимообусловленность всех явлений природы. она представляет собой частный случай приложения идей В.В. Докучаева о связи всех элементов условий среды. В.В. Докучаевым [2] был сформулирован "закон постоянства взаимоотношений между почвой и обитающими на ней растительными организмами, как во времени, так и в пространстве". Отсюда и возникла возможность использовать растительность для выявления особенностей почвы и ландшафта в целом.

Эколого-биологические предпосылки применения фитоиндикационного метода в инженерной геологии основаны на существовании тесной связи растений с условиями их произрастания. Несмотря на кажущуюся

очевидность связи возраста смещений грунта и их интенсивности с составом флоры и особенностями формирования растительных сообществ оползневых тел, опубликованных материалов, посвященных возможности использования сукцессионных стадий растительности как индикатора оползневых движений не так много. Точные цифровые характеристики возраста оползней и развития на них растительности содержатся в статьях американских и европейских авторов Флаккуса (Flaccus E.) [цит. по 8] и Олссона (Olsson O.) [цит. по 8].

Некоторые данные встречаются в ряде других исследований. Наиболее полная сводка материалов по индикации оползней представлена в работе Ладислава Сиккору (Sykora L.) [10], в которой главное внимание уделяется выделению территорий, потенциальных для развития оползней. Также можно отметить исследования растительности на 45 оползневых склонах, опубликованные в работах В.И. Турманиной [7, 8] и Н.Н. Соколова [6].

В Казанском государственном университете (КГУ) работы, посвященные использованию фитоиндикации оползневых процессов, начаты с 2002 г. Первоначально, в 1999 г. были проведены работы по изучению состояния памятника природы "Гора Лобач" Камско-Устьинского района Республики Татарстан (РТ), при этом проводились геоботанические описания, выявлялись редкие виды растений и закладывался геоботанический профиль, который проходил по элементам оползня. Анализ собранного материала позволил отметить существенную разницу по составу, структуре и состоянию фитоценозов охраняемых природных территорий (ООПТ) "Гора Лобач" на коренном склоне и лежащих внизу оползневых элементах. Данные материалы послужили отправной точкой для дальнейших более целенаправленных исследований. В конечном итоге в 2002-2006 гг. были проведены повторно исследования оползневых участков ООПТ "Гора Лобач" и собран новый материал в Актанышском, Камско-Устьинском, Тетюшском районах РТ, а также в Советском районе г. Казань.

ПРИРОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Участки исследований, материал с которых использовался для анализа, были выбраны в трех различных регионах Республики Татарстан: Волжско-Камском возвышенном равнинном регионе (участок

"Троицкий Лес"), Приволжском возвышенно-равнинном регионе (участки "Гора Лобач" и "Тетюши"), Восточно-Закамском регионе (участок "Актаныш") [1].

Участок "Троицкий Лес" расположен в Советском районе г. Казань, в 0.7 км западнее остановочной платформы "Копрессорный завод", в нижнем течении р. Казанка. Оползни возникают на склонах первой и второй надпойменных террас р. Казанка с абсолютными отметками 80 м. Отложения представляют собой переслаивание суглинков светло-коричневых, супесей и песков мелкозернистых, кварцевых (P_2kz_x); песков, алевролитов, глин (aN_2); аллювиальных супесей, песков, суглинков, делювиальных песков, супесей. По механизму возникновения обследуемые оползни относятся к оползням течения.

Участок "Гора Лобач" расположен в Камско-Устьинском районе, на правом склоне р. Волга. Относительная высота склона 35-40 м, средняя крутизна 25-30°, абсолютные отметки 70-92 м. Здесь распространены как древние, так и современные формы оползневых процессов. Зеркало скольжения оползней чаще всего связано с глинисто-мергельной толщей татарского яруса и неогеновыми глинами. Оползни чаще всего блоковые, циркообразные. На участке наблюдений в основном распространены оползни выдавливания.

Участок "Тетюши" расположен в Тетюшском районе РТ, на правом коренном склоне р. Волга в пределах г. Тетюши. Абсолютные отметки бровки оползневого склона колеблются от 130 до 180 м. Склон сложен породами татарского яруса верхней перми, перекрытыми элювиально-делювиальными накоплениями. Верхнечетвертичные оползни представляют собой средней величины блоки, мощностью 30 м, состоящие из раздробленных глин и мергелей с прослоями известняков. В рельефе они образуют достаточно выраженные оползневые ступени, хотя и сглаженные более поздними процессами смыва. В настоящее время в теле древних оползней на отдельных участках, в зоне выклинивания подземных вод и на оползневых откосах развиваются современные оползни небольших размеров. Для береговых склонов высотой 80-90 м типичны три оползневые ступени. Средние углы оползневых склонов в татарских

КОЖЕВНИКОВ

А

Таблица 1. Характеристика участков исследования

Участки	"Гора Лобач"	"Тетюши"	"Троицкий Лес"	"Актаныш"
Тип оползней	Выдавливания	Скольжения, проседания	Течения (сдвига)	Течения (сдвига)
Возраст оползней, лет	35-40	1-3-5	120-25	1-2
Подвижность оползневых тел	неподвижные	активные	неподвижные	активные
Экспозиция	Юго-вост., сев-зап., сев-вост.	Вост.	Зап.	Сев.
Средний угол склона, град	25-30	18-20	10-15	5-10
Интенсивность антропогенного воздействия	Среднее. Выпас скота, сбор трав	Среднее. Сбор трав, редкие тропинки	Сильное. Выраженная тропинопочвенная сеть	Среднее. Выпас скота, сбор трав
Растительность коренного склона	Посадка молодых берез	Луг злаково-разнотравный	Посадка клена, дуба и осины	Посадка берез
Базис оползания	Пляж Куйбышевского водохранилища	Пляж Куйбышевского водохранилища	Пляж р. Казанка	Тальвигов оврага

породах обычно составляют 18-20°. Древние и современные оползни наиболее сильно развиты в тех участках берега, где в его строении принимает участие большое число обводненных прослоев и линз песков и рыхлых песчаников. Обычно в основании склона, у уреза реки, располагаются сравнительно крупные оползни-блоки татарских пород мощностью до 25-30 м, по времени образования относящиеся к эпохе формирования I надпойменной террасы. Таким образом, на участке наблюдений распространены как оползни скольжения, так и оползни проседания - по склонам крупных оврагов и балок. Выполненные описания приурочены исключительно к оползням скольжения блокового типа.

Участок "Актаныш" расположен в Актанышском районе РТ около с. Актаныш, размещен на поверхности IV надпойменной террасы р. Кама, с абсолютными отметками 70-85 м. Протяженность участка 135 м, ширина от 100 до 160 м. Процессами оползания захвачены неогеновые и четвертичные образования. Оползни развиваются по днищам оврагов, и по механизму образования относятся к оползням течения. Под воздействием гравитационных и гидродинамических сил происходит водно-пластическое течение глинистых пород по заранее подготовленной поверхности (в данном случае плоско-наклонному днищу оврага).

Краткая физико-географическая характеристика исследованных оползневых участков приведена в табл. 1.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основной метод полевых исследований - проведение геоботанических описаний. На оползневом склоне выделяли следующие основные геоморфологические элементы оползня: коренной склон, бровка надоползневого откоса, надоползневой откос, оползневая ступень, внутри-оползневые откосы и оползневые бугры. Через все геоморфологические элементы закладывался геоботанический профиль. Внутри каждого элемента закладывалось по 5-10 пробных площадок размером 1 м².

Геоботанические описания были проведены по общепринятым фитоценологическим методикам, с выделением доминантных и содоминантных видов в сообществе. Проективное покрытие (часть площади, занятая проекциями надземных частей растений на поверхности почвы) на пробных площадях определяли в процентах. Встречаемость

Таблица 2. Используемые геоботанические описания

Исследованные оползневые участки	Годы	Авторы	Количество описаний (шт.)
"Гора Лобач"	1999	Фардеева М.Б.	17
	2005	Фардеева М.Б., Муглиев Б.И.	26
	2006	Фардеева М.Б.	12
Пристань	2006	Фардеева М.Б.	23
Всего по участку			78
"Тетюши"	2002	Кожевникова М.В	5
	2003	Прохоров В.Е.	5
	2006	Фардеева М.Б.	26
Всего по участку			36
"Троицкий Лес"	2004	Фардеева М.Б.	27
	2005	Фардеева М.Б., Муглиев Б.И.	26
Всего по участку			53
"Актаныш"	2004	Муглиев Б.И. Кожевникова М.В.	16
Всего по участку			16
Всего описаний			183

видов определяли как процент пробных площадок, на которых встречен данный вид, от общего числа площадок, заложенных в фитоценозе, выражающих суммарный результат учета равномерности распределения вида. Авторы и количество описаний на оползневых участках представлены в табл. 2.

Все собранные данные занесены в информационную базу данных "ФЛОРА" кафедры общей экологии факультета географии и экологии КГУ [3].

Для каждого из участков составлены общие списки видов высших сосудистых растений по каждому морфологическому элементу оползня. Далее выборки подвергались следующим видам анализа:

1. Флористический анализ (систематическая принадлежность видов и соотношение си-мейств).
2. Эколого-ценотический анализ и соотношение эколого-ценотических групп (ЭЦГ) видов в сообществах, сформировавшихся на различных элементах оползня. Подобный сравнительный анализ ЭЦГ позволяет выявить состояние и положение фитоценоза в сукцес-сионном ряду сообществ коренного склона.
3. Сравнительный анализ жизненных форм с определением биоморф. Анализ жизненных форм проводился по классификации К. Раун-киера по положению точки возобновления, которая отражает не только общий "габитус" растения, но и характер подземных органов, семенного и вегетативного

размножения растений. Анализ жизненных форм по строению подземных органов (в классификации И.Г. Серебрякова [4]) обуславливает, по нашему мнению, некоторые стратегические особенности видов (конкурентноспособность, толерантность и реактивность), а главное возможность закрепления и самоподдержания ценопопуляции вида в сукцес-сионном ряду сообществ.

4. Экологический анализ и соотношение экологических групп видов в сообществах. Экологический анализ с выделением экологических групп видов по отношению к основным факторам среды (свет, влага, почва) позволяет выявить появление на элементах оползня мезофитной и гигрофитной светолюбивой растительности, отличной от растительности коренного склона.
5. Геоботанические характеристики видов (проективное покрытие, встречаемость и их динамика) использовались для анализа фитоценозов и смены доминантов в них по оползневому элементу. Для каждого участка виды растений были сгруппированы по следующим категориям:

- Виды растений, отмеченные на всех элементах оползня, - "поливалентные" виды (по данным видам сосудистых растений провели анализ

геоботанических характеристик (проективное покрытие и встречаемость);

- Виды растений, отмеченные только на определенных элементах оползня, - "индикаторные" виды были проанализированы по геоботаническим характеристикам и по их динамике в сукцессионном ряду растительных сообществ оползня.
 - Виды растений, выделенные по ценотической значимости (эдификаторы, доминанты и содоминанты) и их динамика в сукцессионном ряду растительных сообществ оползня.
6. Также было проанализировано сходство видового состава описанных фитоценозов внутри каждого участка между различными элементами оползня при помощи коэффициента общности Серенсена-Чекановского (КО), учитывающего факт присутствия того или иного вида в изучаемых ценозах. Значение КО меняется от 0 до 1, чем ближе показатель КО к единице, тем сообщества ближе друг к другу по составу флоры.

Кроме этого, для тех участков, для которых имелся временной промежуток исследований, были исполнены все перечисленные выше виды анализов для выборок разных лет и оценена их динамика. Также нами были объединены и проанализированы выборки для отдельных элементов оползней "условно стабильных" ("гора Лобач" и "Троицкий Лес") и "активных" ("Актаныш" и "Тетюши").

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрев все перечисленные выше виды анализов применительно к условно стабильным оползням блокового типа, время стабилизации которых оценивается в 50-100 лет, можно сделать следующие выводы:

1. Флористический анализ растительных ассоциаций морфологических элементов оползня не позволяет выявить какие-либо закономерности в состоянии и динамике оползневого тела. Флористический спектр морфологических элементов оползня в целом соответствует спектру ведущих семейств сосудистых растений РТ.
2. Анализ соотношения эколого-ценотических групп может дать представление об изменении почвенно-гидрологических условий внутри оползневого тела, и как следствие этого, динамике состояния самого оползневого тела. однако выполнение такого анализа очень трудоемко.
3. Анализ соотношения жизненных форм видов высших сосудистых растений растительных

ассоциаций морфологических элементов оползня позволяет делать заключения о подвижности субстрата и динамике оползневого процесса.

4. На условно стабильных оползнях анализ растительных ассоциаций, приуроченных к конкретным морфологическим элементам оползня, не позволяет в достаточной мере оценить подвижность субстрата. Четкие закономерности дает анализ эколого-ценотических групп и типов корневой системы "индикаторных" растений. Анализ встречаемости и проективного покрытия "поливалентных" видов позволяет диагностировать изменения почвенно-гидрологических характеристик внутри оползневых тел.
5. Значении КО Серенсена-Чекановского позволяют оценить динамику и выявить закономерности в развитии оползневых процессов.

Таким образом, при изучении оползневого участка для стабильных оползней блокового типа, время стабилизации которых оценивается в 50-100 лет, наиболее четкие закономерности наблюдаются при анализе эколого-ценотических групп и типов корневой системы "индикаторных" растений, при анализе встречаемости и проективного покрытия "поливалентных" видов и подсчете значения КО Серенсена-Чекановского между морфологическими элементами оползня.

Применив все те же виды анализов к активным оползням вязкопластичного типа, получаем следующие результаты:

1. Флористический анализ растительных ассоциаций морфологических элементов оползня не позволяет выявить какие-либо закономерности в состоянии и динамике оползневого тела. Флористический спектр морфологических элементов оползня в целом соответствует спектру ведущих семейств сосудистых растений РТ.
2. Для активных оползней течения анализ соотношения эколого-ценотических групп видов высших сосудистых растений растительных ассоциаций морфологических элементов оползня позволяет оценить подвижность субстрата, а так же приблизительно датировать время смещений.
3. Для активных оползней течения анализ соотношения жизненных форм видов высших сосудистых растений растительных ассоциаций морфологических элементов оползня не позволяет увидеть достаточно четкой картины изменения почвенно-растительных условий и оценить давность подвижек.

4. Анализ типов корневой системы видов высших сосудистых растений растительных ассоциаций морфологических элементов оползня для активных оползней течения не позволяет оценить какие-либо закономерности.
5. Значения КО Серенсена-Чекановского позволяют оценить динамику и выявить закономерности в развитии оползневых процессов и в случае оползней течения.

Таким образом, при изучении оползневого участка для активных оползней вязкопластичного типа их динамику возможно оценить при анализе соотношения эколого-ценотических групп видов высших сосудистых растений растительных ассоциаций морфологических элементов оползня и подсчете КО Серенсена-Чекановского между морфологическими элементами оползня.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали возможность использования методов фитоиндикации для определения состояния оползневых смещений.

При определении состояния оползня и прогнозировании оползневых процессов для всех видов оползневых процессов хорошие результаты дает использование соотношения эколого-ценотических групп видов высших сосудистых растений растительных ассоциаций морфологических элементов оползня и подсчет КО Серенсена-Чекановского для конкретных флор морфологических элементов оползня.

Предлагаются следующие направления развития проделанной работы:

1. "Калибровка" результатов, полученных при эколого-ценотическом анализе по отдельным морфологическим элементам оползней, т.е. составление "типовых" эколого-ценотических спектров для оползней различного возраста, где бы давалось содержание видов, принадлежащих к той или иной эколого-ценотической группе (в процентах от исходного их содержания в растительности коренного склона), на отдельных морфологических элементах оползня.
2. При изучении оползневых процессов, идущих в лесных фитоценозах, обязательно дать оценку возрастной структуры лесообразующих пород по экспресс-методу О.В. Смирновой [5] с анализом изменения возрастного спектра и его полнотенности для различных пород деревьев.
3. Особое внимание уделить строению биоморфы деревьев на коренных склонах и морфологических структурах оползня, констатировать изменение общего "габитуса" дерева того или иного вида, которое возникает, в связи с нарушением водного и минерального режима

экотопа, механической нарушенности почв и материнских пород. Это приводит к общим повреждениям корневой системы и частичной ориентации ее в горизонтальном направлении и соответственно обуславливает нарушение в росте и развитии надземных побегов, формируя при этом специфичные формы дерева (низко-рослость, зонтиковидность или односторонность развития кроны, кустовой тип роста и т.д.).

При изучении оползневых процессов в луговых и степных сообществах обратить внимание на возрастную и пространственную структуру ценопопуляций доминантных и содоминантных видов трав и кустарничков, а также ее изменения по морфологическим группам оползня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бакин О. В., рогова Т. В., Ситникова А.П.* Сосудистые растения Татарстана. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2000. 487 с.
2. *докучаев В.В.* Сочинения. Статьи и доклады по изучению чернозема. Картография русских почв. 1876-1885 / Под ред. Л.И. Прасолова, И.П. Герасимова. М., Л.: Изд-во АН СССР. Т. 2. 1950. 608 с.
3. *Прохоров В.Е.* Редкие виды сосудистых растений флоры Республики Татарстан: эколого-ландшафтные особенности хронологии и динамики // Автореф. дисс... канд. биолог. наук. Казань: КГУ, 2006. 24 с.
4. *Серебряков И.Г.* Экологическая морфология растений. М.: Высш. ш., 1962. 379 с.
5. *Смирнова О.В., Чистякова А.А., Попадюк р.В., Евстигнеев О.И.* и др. Популяционная организация растительного покрова лесных территорий (на примере широколиственных лесов европейской части СССР). Пущино, 1990. 91 с.
6. *Соколов н.н.* Геоморфологические особенности Куйбышевского водохранилища // Матер. первого научно-техн. совещ. по изучению Куйбышевского водохранилища. Вып. 4. Геология, геоморфология и гидрология. Куйбышев, 1963. С. 111-116.
7. *Турманина В.И.* Использование мать-и-мачехи как показателя недавней нарушенности почвогрунтов // Сов. геология, 1961. № 4. С. 131-132.
8. *Турманина В.И.* Взаимодействие растительности с оползневыми процессами склонов на примере оползней Москвы и подмосковья // Автореф. дис... канд. географ. Наук. М: Изд-во Моск. Ун-та, 1964. 42 с.
9. *Фардеева М.Б., Кожевникова М.В.* Фитоиндикация оползневых процессов / Сб. научных трудов Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан. Казань: Новое знание, 2004. С. 226-227.

10. *Sykora L.* Fytoindikace sesuvnych uzemu v Cssk. Praha. Ceskoslov. Ak. Ved. 1961. 40 p.