

МЕТОДИКА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 551.4.012:551.438

© 2001 г. С.И. БОЛЫСОВ, О.Е. ПОЛЫНОВА

БИОИНДИКАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В ГЕОМОРФОЛОГИИ

Биоиндикационные методы в геоморфологии основаны на взаимосвязи рельефа и организмов, на возможности использования растений и животных в качестве индикаторов особенностей рельефа и отложений. Работы по биоиндикации можно разделить на несколько направлений, основанных на различии методик, а главное – на различии целей их использования. Одними из первых были разработаны методы использования растительности как индикатора различных горных пород при составлении геологических карт. Биоиндикация для целей геологии активно внедрялась как в нашей стране [1], так и за рубежом [2, 3]. На современном этапе она в основном нацелена на определение загрязнения окружающей среды [4]. Е.Г. Мяло [5] был произведен анализ экологических связей растительного покрова на разных уровнях его организации, выявлены закономерности географической изменчивости этих связей, разработана методика картографического отображения экологической дифференциации растительного покрова. Кроме того, на многочисленных примерах были показаны возможности индикации абиотических условий (в том числе геологического и геоморфологического строения), природных и антропогенных процессов.

В ландшафтных исследованиях биоиндикаторы используются более широко – для изучения как горных пород, так и почвы и других компонентов ландшафта [6, 7]. В геоморфологии биоиндикация применяется в основном для исследований современных процессов, а также возраста рельефа и отложений [8]. Методические приемы можно разделить на фито- и зооиндикацию, при этом использование растений освоено значительно шире, чем изучение животных как показателей условий среды. Видимо, это связано со сложностью зоогеографических исследований и неполнотой информации об индикационных свойствах животных.

На основе литературных данных авторами была составлена классификация биоиндикационных методов в геоморфологии. Деление основано на том, какие аспекты рельефа (морфология, генезис, возраст или динамика) изучаются при помощи этих индикаторов. Схема классификации представлена на рисунке.

Методы биоиндикации морфологии рельефа включают в себя фитоиндикацию границ отдельных его форм, известно, что границы растительных сообществ нередко совпадают с таковыми форм рельефа. Это свойство широко применяется для дешифрирования аэрофотоснимков, а также непосредственно при полевых исследованиях. Кроме того, изменение зональных типов растительности влечет за собой изменение типа рельефа (например, увеличение эрозии в степной зоне по сравнению с лесной). Границы форм рельефа нередко подчеркиваются изменением плотности зоогенных микроформ. Так, увеличение плотности кротовин происходит на бровках, тыловых швах, конусах выноса [9].

Классификация биоиндикационных методов изучения рельефа



Изучение генезиса рельефа связано с биоиндикацией характера горных пород, слагающих формы рельефа. К биоиндикационным методам может относиться изучение органогенных пород. Кроме того, по набору видов растений и, в меньшей степени, животных можно судить о характере и составе поверхностной горной породы. Это связано с тем, что некоторые организмы требовательны к условиям субстрата, например, есть живущие на песках (псаммофилы), на засоленных почвах (галофилы), карбонатах (кальцифилы) и т.д.

К биоиндикационным методам изучения возраста рельефа относятся палеонтологические и фитоценоотические. Палеонтологические методы основаны на изучении погребенных остатков растений (палеоботанические) и животных (палеофаунистические). К палеоботаническим методам можно отнести также спорово-пыльцевой анализ, диатомовый (водоросли), карпалогический (семена), органографический (отпечатки), палеоксиснологический (срезы деревьев). К палеофаунистическим методам относятся: исследование малакофауны, палеозентомологический (насекомые), исследование суфосильных костных остатков позвоночных животных, органографический (отпечатки преимущественно беспозвоночных животных), а также исследование животных, сохранившихся практически целиком.

Фитоценоотический метод основан на закономерностях сукцессий растительности на свежих субстратах, при его помощи обычно определяется относительный возраст форм рельефа.

К биоиндикационным методам изучения возраста можно также отнести палеопедологический (изучение ископаемых почв) и исследование ископаемых углей. Дендрохронологический и лихенометрический методы рассматриваются отдельно, так как они используются для определения возраста молодых форм рельефа (максимум последние тысячелетия).

Изучение современной динамики процессов рельефообразования при помощи биоиндикационных методов включает в себя: индикацию тектонических нарушений (по растительности и зооформам), изменения морфологии растений на склонах, изучение биогенного осадконакопления и плотности зооформ, изучение растительных сукцессий на участках с высокой скоростью процессов. Часть этих методов применяется часто, некоторые остаются слабоизученными.

Биоиндикационные методы используются для изучения рельефа с различных точек зрения, некоторые направления разработаны довольно хорошо (биоиндикация возраста, динамики), тогда как другие остаются в тени. Часть методов достаточно трудоемка, в то время как другие можно применять непосредственно при полевых исследованиях. Во многих случаях биоиндикационный метод оказывается хотя и не абсолютно достоверным, но относительно дешевым и вполне надежным. Выбор методов зависит, прежде всего, от задач исследования, а также от природных условий изучаемого района.

Разработка методики биоиндикационных исследований рельефа и отложений производилась авторами на примере двух полигонов – Сатинской учебно-научной станции и биостанции Института проблем экологии и эволюции "Малинки". Оба полигона расположены в Подмоскowie в сходных географических условиях. Это позволило производить сопоставление полученных данных. Территория Сатинского полигона полноценно исследована как с точки зрения геолого-геоморфологического строения, так и растительности; выявлены общие закономерности взаимосвязи биоты с морфофитогенной основой [10]. Поэтому Сатинский полигон был использован как "эталонный" для создания биоиндикационной таблицы отложений.

Для проверки данных полученной таблицы были использованы полевые материалы по полигону "Малинки"; для обоих полигонов использовался единый методический подход.

Метод составлений биоиндикационных таблиц широко применялся как предварительный при составлении геологических карт. В биоиндикационной таблице территории показывается связь объекта индикации (в нашем случае это отложения различного литологического состава, имеющие разный возраст и генезис) с биоиндикатором (растительным сообществом). При геологических исследованиях в качестве биоиндикаторов обычно используются отдельные виды растений, однако такие исследования удобно проводить лишь на территориях с достаточно простыми фитоценозами (обычно в аридных условиях). Использование растительных сообществ обычно сложнее, однако в гумидных условиях такой метод считается более правильным [1].

При составлении биоиндикационной таблицы для каждого типа отложений необходимо выявить характерное растительное сообщество, произрастающее преимущественно на данных отложениях и нехарактерное для других мест. Для этого было решено использовать две методики, а затем сравнить их результаты. Первая методика основана на анализе комплексных профилей, отражающих геолого-геоморфологическое строение территории и характер растительности. Вторая – на сопоставлении карт четвертичных отложений и растительности. На основе каждой методики были получены биоиндикационные таблицы для Сатинского полигона. При их сопоставлении оказалось, что таблица, основанная на анализе профилей, не отражает всех генетических типов отложений, однако методика ее составления значительно проще. Полученная для Сатинского полигона итоговая биоиндикационная таблица отражает все типы отложений, но некоторые из них характеризуются похожими растительными ассоциациями. Обычно это разновозрастные отложения одинакового генезиса, либо отложения, имеющие сходный литологический состав. Это, вероятно, связано с тем, что растительность, прежде всего, зависит от литологии отложений, в то время как возраст пород оказывает меньшее влияние. Кроме того, на междуречных пространствах распространение покровных суглинков нивелирует различия подстилающих их отложений.

На территории Малинского полигона летом 1999 г. были произведены полевые описания фитоценозов, что позволило использовать биоиндикационный метод для определения отложений, на которых произрастают описанные фитоценозы. При этом важно учитывать геоморфологическое положение точки наблюдения. Поскольку для биостанции "Малинки" имеется ландшафтная карта, полученные при помощи биоиндикации данные были проверены. Таким образом, итоговая биоиндикационная таблица Сатинской станции была использована для другой территории.

В целом, эта таблица подходит и для применения на других сходных участках. Ее недостатком является присутствие, а зачастую и преобладание во всех растительных ассоциациях мелколиственных пород деревьев, которые часто не могут являться биоиндикатором. Фитоценозы Малинского полигона менее нарушены, здесь много условно коренных лесов, однако некоторые типы отложений (разновозрастные аллювиальные) не встречаются. Поэтому для составления сводной биоиндикационной таблицы для Подмосквья целесообразно исследовать несколько эталонных полигонов.

На Малинском полигоне широко представлены свойства фитоценозов как индикаторов морфологии рельефа. Прежде всего, биоиндикатором являются сообщества черной ольхи, произрастающие только в днищах оврагов и на низких поймах рек, что связано с избыточным увлажнением данных участков. В черноольшаниках нередко присутствует черемуха, в травянистом ярусе преобладают крапива двудомная (*Urtica dioica*) и таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria*). При переходе с низкой поймы на высокую черноольшаники сменяются лугами. По краю высокой поймы произрастают сообщества зонтичных трав – купырь лесной (*Anthriscus sylvestris*), сныть обыкновенная (*Aegoropodium podagraria*), дудник лесной (*Angelica sylvestris*) с разнотравьем и злаками. В центральной части высокой поймы сообщества зонтичных трав уступают место разнотравно-злаковым лугам, которые занимают наиболее возвышенные участки поймы. Тыловой шов подчеркивается сменой лугов смешанными лесами. По днищам оврагов, не занятым черноольшаниками, произрастают сообщества крапивы и таволги, сменяющиеся на склонах зонтичными травами. Эта смена подчеркивает границы днища оврага. Такие особенности растительности облегчают полевые описания мезоформ рельефа.

Таким образом, исследования по Сатинскому и Малинскому полигонам подтвердили свойства фитоценозов как индикаторов отложений и морфологии рельефа. Для индикации генетических типов отложений целесообразно составление биоиндикационных таблиц. При использовании комплексных профилей для выявления биоиндикаторов отложений важно рассматривать достаточно большое число различных по геолого-геоморфологическому строению профилей. При сопоставлении карт важно уделять внимание условно коренным растительным сообществам. Применение биоиндикационной таблицы Сатинского полигона для полигона "Малинки" подтвердило достоверность полученных в таблице результатов. Применяя биоиндикационные таблицы, надо учитывать геоморфологическое положение описанного фитоценоза. Характер растительности определяется, прежде всего, литологическим составом отложений, который, в свою очередь, зависит от их генезиса. Возраст отложений оказывает слабое влияние на состав растительных ассоциаций исследуемой территории, хотя некоторые различия в растительном покрове генетически однородных, но разновозрастных поверхностей (в частности, аллювиальных уровней) отмечаются. Каждый полигон имеет свою специфику, поэтому биоиндикационная таблица, составленная по одному полигону, не может являться универсальной. Растительность является биоиндикатором морфологии рельефа, растительные контуры нередко совпадают с формами мезо- и микрорельефа. Это свойство можно использовать как при полевых, так и при камеральных исследованиях.

Таким образом, авторами изучены возможности применения биоиндикационных методов в геоморфологических исследованиях; на основе литературных данных составлена классификация биоиндикационных методов в геоморфологии, разработана методика исследований отложений на основе анализа растительных сообществ для территории южного Подмосквья. Составлена биоиндикационная таблица для Сатинского полигона, данные которой были проверены на территории биостанции "Малинки". Кроме того, изучены возможности полевых и камеральных биоиндикационных исследований морфологии рельефа. Биоиндикация является перспективной методикой изучения свойств рельефа и отложений.

1. *Викторов С.В., Востокова Е.А., Вышивкин Д.Д.* Основы индикационной геоботаники. М.: Госгеол-техиздат, 1961. 87 с.
2. *Lovering T.S., Huff L.C., Almond H.* Dispersion of copper from San Manuel Deposit // *Economic Geology*. 1950. V. 45. № 6. P. 507–514.
3. *Кэннон Х.Л., Клейнхемпл Ф.Дж.* Ботанические методы, применяемые для поисков урана // *Геология атомных сырьевых материалов*. М.: Гос. науч.-техн. изд-во лит. по геол. и охране недр, 1956. С. 461–472.
4. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем / Р. Шуберт. М.: Мир, 1988. 350 с.
5. *Мяло Е.Г.* Экологический анализ растительного покрова как основа фитоиндикации и прогноза состояния экосистем: Автореф. дис. ... док. геогр. наук. М.: МГУ, 2000. 57 с.
6. *Виноградов Б.В.* Основы ландшафтной экологии. М.: ГЕОС, 1998. 316 с.
7. *Лукичева А.Н.* Северотаежная растительность Сибирской платформы в связи с геологическим строением. Л.: Наука, 1972. 240 с.
8. *Серебрянная Т.А.* Фитоиндикационные методы в геоморфологии // *Геоморфология (Итоги науки и техники)*. М.: ВИНТИ АН СССР, 1989. 154 с.
9. *Болысов С.И.* Биогенное рельефообразование на суше, зональность и периодичность // *Экологические аспекты теоретической и прикладной геоморфологии*. М.: Изд-во МГУ, 1995. С. 263–268.
10. Комплексная географическая практика в Подмосковье // Г.И. Рычагов. М.: Изд-во МГУ, 1980. 210 с.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
20.03.2001

BIOINDICATIONAL METHODS IN GEOMORPHOLOGY

S.I. BOLYSOV, O.E. POLYNOVA

S u m m a r y

The contemporary bioindicational approach to the geomorphologic problems is considered. A description of such methods and their new classification is given. Authors, taking two test sites in the Moscow Region as an example, illustrate the use of bioindication in morphologic and depositional analysis.