

ГЕОМОРФОЛОГИЯ И НАРОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 551.4

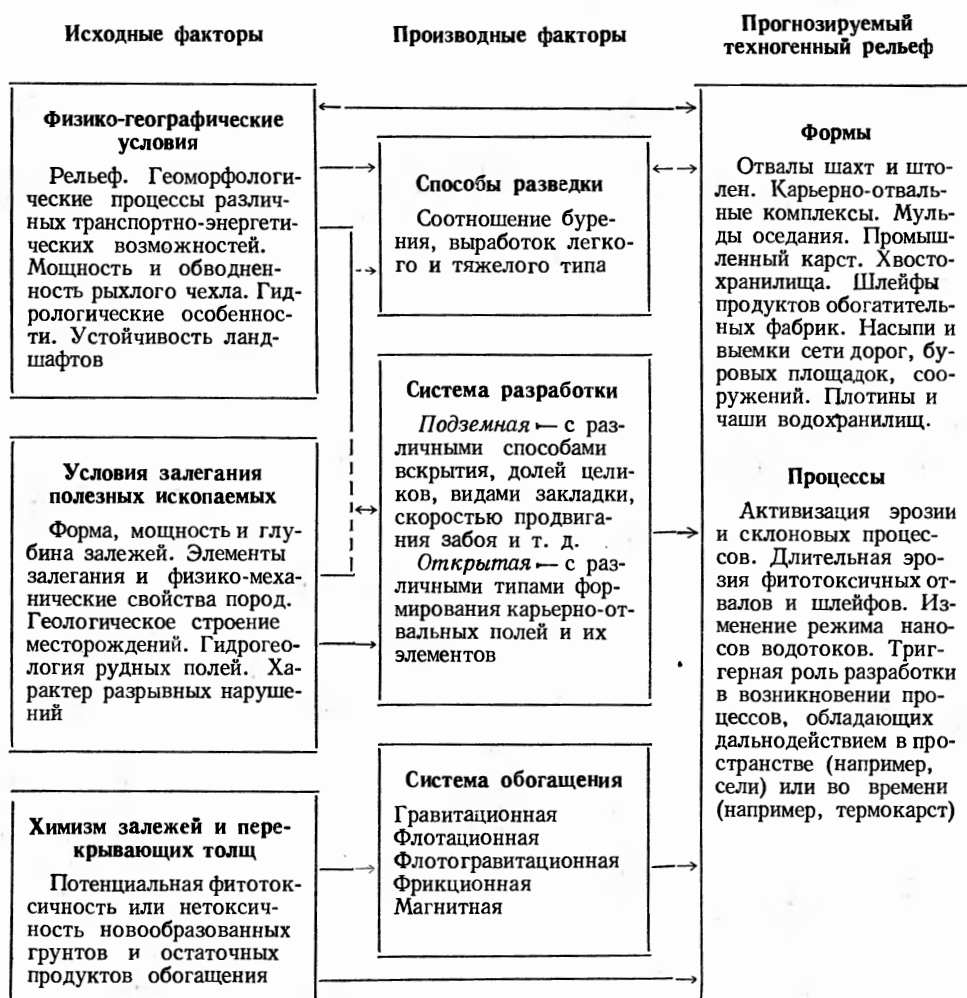
А. А. ЛУКАШОВ, И. И. НЕВЯЖСКИЙ**ПРИНЦИПЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ОТРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

В основу прогнозирования положена связь металлогении, физико-географических условий и технологии добычи. Рассматриваются необходимость анализа исходных и производных факторов возникновения техногенного рельефа и возбуждения соответствующих процессов морфолито-генеза.

Влияние горнодобывающей промышленности на окружающую среду в течение последних лет привлекает все большее внимание ученых и практиков, экологов широкого и узкого профиля. Это вполне понятно, ибо активное горнорудное освоение обширных площадей уже внесло существенные изменения в природную обстановку как территории самих месторождений полезных ископаемых, так и их окрестностей. Изменения коснулись растительности, почв, гидрологического, гидрогеологического и в ряде случаев мерзлотного режима, гидрохимии поверхностных вод. Но наиболее глубокие следы горнорудной деятельности остаются в рельефе осваиваемых площадей, а также в смене интенсивности и характере современных геоморфологических процессов (Милюков, 1973; Куракова, 1976).

При среднесрочном (на 15—30 лет) географическом прогнозировании состояния природной среды необходимо учитывать геоморфологические последствия хозяйственной деятельности человека. В этой связи должны быть разработаны принципы прогнозирования геоморфологических последствий эксплуатации месторождений полезных ископаемых (Невяжский и др., 1974).

В основу принципов прогнозирования может быть положено наличие «технологической» связи между формами антропогенного рельефа и условиями залегания скопления минерального сырья. Элементы таких связей для различных месторождений, подвергающихся открытой разработке, намечены В. А. Овчинниковым (1967). Для угольных разрезов подобная работа проделана Е. А. Рубиной (1978), для долинных россыпей — Н. И. Белой и А. М. Сокольским (1977). Однако существующие подходы не прослеживают обычно всех звеньев технологической «цепочки», свойственной формирующимся горнопромышленным комплексам, почти не рассматривают специфику отработки месторождений в различных физико-географических условиях, слабо затрагивают (вне городских площадей) вопрос о деформациях поверхности под влиянием подземных разработок. При этом явно недостаточно используется ма-



териал по рудным месторождениям, которым свойственны наиболее разнообразные формы залежей, сложные системы разведки, добычи и обогащения руд.

Технологическая «цепочка» взаимосвязей между антропогенным рельефом и условиями залегания полезных ископаемых должна содержать все необходимые элементы, чтобы, располагая картой и кадастром полезным ископаемых, а также комплексным географическим атласом региона, можно было прогнозировать последствия освоения месторождений. Исходными факторами здесь, естественно, оказываются условия залегания ископаемых, физико-географическая обстановка и во многих случаях химические особенности залежей и перекрывающих их толщ (таблица). Перечисленные исходные факторы при составлении среднесрочного прогноза можно принять за неизменные. Ими определяются производные факторы: способы разведки, система разработки и технологическая схема обогащения сырья.

Каждый из названных производных факторов оказывает существенное влияние на рельеф территории и ход современных геоморфологиче-

ских процессов. Данная группа факторов за прогнозный период подержана переменам как в связи с совершенствованием технологии, так и в связи с изменениями кондиций сырья. Однако на формирование техногенного рельефа влияют непосредственно и исходные факторы; физико-географическая обстановка, с одной стороны, химизм залежей и перекрывающих толщ — с другой.

Условия залегания полезных ископаемых, способные предопределять характер техногенного рельефа, включают большую группу обстоятельств, детерминирующих способы разработки, а следовательно, и специфику техногенного рельефа. Наряду с формой тел самих залежей, глубиной их залегания и углом падения пород (характеристики, наиболее часто принимаемые во внимание) здесь должны быть указаны, как это делает, например, И. М. Бахурин (1946), физико-механические свойства пород, общее геологическое строение месторождения, гидрогеология, тип разрывных нарушений, мощность залежи. От комплекса перечисленных факторов зависит способ разведки (соотношение бурения, выработок легкого и тяжелого типа) и способ эксплуатации (подземный — с теми или иными системами «вскрытия», долей целиков, видами закладки, и открытый — с различными вариантами формирования карьерно-отвалных полей и их элементов).

Физико-географические, в том числе геоморфологические, условия, весьма существенно сказывающиеся на способе ведения поисковых работ (Красников, 1965), продолжают, хотя и не столь многообразно, влиять и на способы разведки месторождений. Характерны в этом отношении бытующие среди геологов-разведчиков понятия «штольневой» и «нештольневой» рельеф. Применение сети канавных и траншейных выработок нередко ограничивается повышенной мощностью и обводненностью рыхлого чехла. Сложности при разведке возникают и в результате присутствия естественных водоемов на площади месторождений.

Непосредственное влияние физико-географических условий на техногенный рельеф (в широком смысле слова) проявляется прежде всего за счет пониженной устойчивости геосистем в ряде природных зон. Горнотехническое вмешательство активизирует термокаст и эрозию в тундре, эрозию и дефляцию в семиаридных и аридных областях, тропическую солифлюкцию в низких широтах, селевые процессы в горах и т. п. Топография поверхности существенно сказывается при подземной добыче. Например, в пределах повышенных участков местности уменьшается размер деформаций поверхности. Кроме того, геоморфологические последствия вскрытия эксплуатационными выработками и поступления на поверхность больших объемов подземных вод серьезно зависят от общей орографической обстановки, баланса наносов в водотоках, устойчивости субстрата по отношению к водной эрозии.

От физико-географических условий зависит дальноедействие геоморфологических последствий разработки месторождений, как в пространстве, так и во времени. Дальноедействие во времени присуще ландшафтным обстановкам с дефицитом тепла или влаги: как в жарких, так и в холодных пустынях, а также во многих горных районах прямые и косвенные морфологические следы разработок (и разведок) минерального сырья сохраняются дольше всего. В целом длительность существования даже небольших форм антропогенного рельефа (отвалов, штолен, наклонных шурфов и шахт, а иногда и самих выработок) измеряется многими веками. Следы работ первобытной эпохи, античности, средневековья нередко рассматриваются в качестве поисковых признаков, особенно когда в их расположении заметна определенная система (Красников, 1965). Но если следы старых работ в рельефе перспективных районов невелики по масштабам и часто приносят объективную пользу, то дальноедействующие во времени слаборекультивируемые горнопромышленные ландшафты современности потребуют в будущем боль-

ших затрат труда для возвращения в сферу хозяйственного или иного использования.

Дальнейшее развитие в пространстве определяется зональными или оростическими механизмами геоморфологического транзита. В зависимости от местных физико-географических условий преимущественное развитие в пределах техногенных форм рельефа (или вблизи них) получают склоновые, эрозионные, дефляционные, селевые процессы неодинаковых транспортно-энергетических возможностей. Геоморфологические процессы, спонтанно развивающиеся на площадях техногенного рельефа, могут распространяться и на сопредельные территории, нередко далеко выходя за рамки планируемого горного отвода.

Таким образом, техногенные формы рельефа и процессы, с ними связанные, в экстремальных физико-географических условиях могут играть роль триггеров, т. е. «включателей» с малой энергией, которые способны вызывать к действию процессы больших энергий. К последнему феномену относятся, в частности, уже упоминавшиеся сели в горах, приобретающие избыток транспортируемой массы за счет породы, перемещенной в ходе добычи.

Уместно еще раз упомянуть и об обратной связи, возникающей между техногенным рельефом и местными физико-географическими условиями, в том смысле, что последние резко изменяются в ходе горнопромышленного воздействия. Хорошо известно, что нарушаются гидрологический и гидрогеологический режим, страдает почвенно-растительный покров и в конечном счете формируются новые горнопромышленные ландшафты (Куракова, 1976).

Химизм залежей и перекрывающих толщ оказывает влияние на техногенный рельеф прежде всего в случаях повышенной фитотоксичности новообразованных грунтов. Одним из распространенных следствий подобного геохимического изменения литогенной основы ландшафта является эффект незарастания отвалов и длительной их эрозии. Причем нередко эрозионные рытвины, возникшие в пределах токсичных участков отвалов, распространяются и на сопредельные площади (Рубина, 1978). Химизм залежей минерального сырья предопределяет также выбор систем обогащения полезных ископаемых. Побочные продукты обогащения в виде «хвостов» могут укладываться в подготовленные емкости — «хвостохранилища» — или транспортироваться за пределы цехов и размещаться в понижениях естественного рельефа.

Упомянутые выше различные *способы разведки* месторождений, выступая в роли первого из производных факторов формирования техногенного рельефа, связаны с дискретными физическими нарушениями целостности ландшафта на весьма значительных площадях. Обычно считается, что основным «продуктом» информационного этапа освоения территории является знание (Космачев, 1974). Однако наряду с нематериальными результатами этого этапа в условиях разведки месторождений полезных ископаемых возникают вполне материальные следы в виде поверхностных и подземных выработок массовых нарушений почвенно-растительного покрова, сети временных дорог и сооружений. Сказанное имеет особенно большое значение в связи с тем, что на одно отрабатываемое месторождение приходится десятки площадей, где детальные поиски и разведка не влекут за собой немедленной эксплуатации или прекращаются ввиду неблагоприятности горнорудных и технологических параметров. К тому же в современной мировой практике сравнительно слабо разработана природоохранная регламентация при разведке ископаемых и контроль обычно менее строг, чем на действующих рудниках.

Системы разработки минерального сырья, как известно, оказывают определяющее воздействие на техногенный рельеф. При подземном способе добычи характер деформаций поверхности — при прочих равных

условиях — зависит от применения сплошной или столбовой системы разработок, осуществления или неосуществления закладки выработанных объемов и т. п. Типичные геоморфологические последствия подземной отработки — мульды оседания, рвы и зоны обрушения, провалы воронок. Иногда густота провалов воронок (до 10 на 1 га) позволяет говорить даже о явлении «промышленного карста» (Милюков, 1973). Но несравненно более масштабные последствия влечет за собой открытый способ добычи. Применение бестранспортной, транспортно-отвальной, транспортной, комбинированной или специальной систем разработки (по Мельникову, 1968) приводит к созданию различных выработанных и аккумулятивных форм, объединяющихся в сложные карьерно-отвальные комплексы (рис. 1).

Системы обогащения минерального сырья имеют достаточно стандартные условия размещения и ограниченное число принципиально различающихся технологических схем. Обогащительные предприятия чаще всего размещаются на склонах, а площади складирования «хвостов» приурочиваются к искусственным («хвостохранилища») или естественным (котловины небольших озер, расширения долин малых порядков, вогнутые перегибы подножий склонов, мелководья морских заливов и т. п.) отрицательным формам рельефа. Возникающие в ходе обогащения сырья формы техногенного рельефа существенно различаются в зависимости от принятой технологической схемы. При этом первостепенное значение для техногенного морфолитогенеза имеет степень использования воды в системе обогащения. Гравитационная, фрикционная и магнитная системы сепарации, осуществляемые преимущественно сухим способом, поставляют твердые продукты в отвалы, напоминающие отвалы штолен. Флотационная и флотогравитационные системы обогащения дают большие массы разжиженного, пульпообразного рыхлого материала, формирующего, естественно, распластанные аккумулятивные тела. Дальнейшая эволюция техногенных форм рельефа, возникших при различных системах обогащения, идет по-разному, что зависит как от свойств складированного вещества, так и от особенностей новообразованной топографии. Несомненно, что и более тонкие различия в применяемых схемах обогащения должны сказаться в характере возбужденных геоморфологических процессов (различны условия для протекания эрозии, дефляции, склоновых процессов и т. п.).

Характер техногенного рельефа, возникающего при извлечении и первичной переработке минерального сырья, зависит скорее от общей геологической обстановки района месторождения, чем от специфики самого полезного ископаемого. Поэтому при прогнозе развития



Ступенчатый эксплуатационный карьер на одном из месторождений боксита в Далмации (Югославия)

Фото А. А. Лукашова

той или иной разновидности техногенного рельефа полезно проследить типичные геологические условия, которые свойственны месторождениям определенных видов сырья.

Например, хемогенно-осадочные месторождения руд железа марганца и алюминия, залежи которых имеют форму пологозалегающих пластов, эллиптически вытянутых линз и лент при значительных горизонтальных параметрах и мощности в метры — десятки метров, разведываются с применением больших объемов бурения, а эксплуатируются обычно открытым способом. В зависимости от мощности вскрыши применяют транспортно-отвальную или транспортную систему открытой разработки. Для возникающих комплексов техногенного рельефа характерны обширные, иногда глубокие (существенно сказываются условия залегания залежей) карьеры с грядами внутренних отвалов, а чаще с террасами внешних отвалов. Подобные комплексы техногенного рельефа присущи, например, крупному месторождению озерных железных руд Томашица и крупнейшим в Европе месторождениям бокситов Власеница (Югославия).

В отличие от рассмотренных гидротермальные месторождения полиметаллов или редких металлов, связанные с зонами крупных разломов и площадями развития малых интрузий, обладающие жильной, реже трубообразной формой залежей, разведываются с затратой больших объемов горных выработок и бурения, а эксплуатируются обычно подземным способом. Для техногенного рельефа характерны веерные отвалы вблизи устьев штолен и шахт, заколы — резко выраженные глубокие трещины, возникающие при подработке крутых склонов, просадки поверхности. Такие изменения отмечаются, в частности, для длительно осваиваемых полиметаллических месторождений Приаргунья, района Лениногорска на Алтае, окрестностей Межицы в восточных Альпах.

Своеобразный тип техногенного рельефа возникает при отработке мелкозалегающих долинных россыпей различных металлов. На месте продуктивных объемов аллювиальных тел остаются преимущественно неглубокие линейно-вытянутые, иногда эродлируемые карьеры — разрезы, отороченные беспорядочными невысокими отвалами, или (в случае дражной добычи) пустоши бывших эксплуатационных полигонов с мелкогрядовыми внутренними отвалами. Примерами могут служить россыпные разработки Забайкалья, Приамурья, Северо-Востока СССР. Дольше всего в рельефе сохраняются отвалы промытой породы, возвышающейся над уровнем поймы. Так, в Босанских Рудных горах (Внутренние Динариды) рельефно выступают над поймами небольших рек отвалы россыпей золота, отработанных еще в эпоху римской колонизации.

Перечисление типичных горнопромышленных ландшафтов с акцентом на условия залегания, физико-географические условия или технологию можно было бы продолжить. Однако вряд ли это целесообразно, потому что главная мысль заключена в утверждении о необходимости рассматривать не отдельные исходные или производные факторы, а всю «цепочку» позвенно (таблица). Изложенные соображения позволяют считать, что прогнозирование геоморфологических последствий отработки месторождений полезных ископаемых должно стать неотъемлемой частью технического проектирования горнопромышленных предприятий. В таком случае геоморфологические последствия становятся легко учитываемыми при обобщениях на уровне территориального планирования (районные планировки) и на уровне комплексного географического прогнозирования (Региональный географический прогноз, 1977). При этом более разумно решаются проблемы целесообразности, в частности экономичности рекультивации территорий. Особое место должны занять вопросы взаимного размещения горнодобывающих предприятий, сопутствующих населенных пунктов и рекреационных угодий.

Рациональное воздействие на одну из групп факторов (таблица)

может уменьшить нежелательные последствия отработки месторождений. Воздействие на исходные факторы пока практически невозможно. Производные факторы в принципе могут быть изменены и в способах разведки, и в системах добычи, и в схемах обогащения, в зависимости от результатов предшествующего прогнозирования. Экономическая и социальная эффективность воздействия на производные факторы зависит от многих обстоятельств, но надо надеяться, что с каждым годом необходимость борьбы с нежелательными последствиями в процессах морфолитогенеза (в том числе за пределами промышленной зоны) будет все в большей степени приниматься за важный фактор при проектировании и решении судебных многих районов добычи полезных ископаемых нашей страны.

ЛИТЕРАТУРА

- Бахурин И. М. Сдвижение горных пород под воздействием горных разработок. Л.—М., «Гостоптехиздат», 1946.
- Белая Н. И., Сокольский А. М. Опыт оценки и прогноза изменений природной среды Приамурья при эксплуатации россыпей. «Вестн. МГУ. География», № 6, 1977.
- Космачев К. П. Пионерное освоение тайги. Новосибирск, 1974.
- Красников В. И. Основы рациональной методики поисков рудных месторождений. М., «Недра», 1965.
- Куракова Л. И. Антропогенные ландшафты. Изд-во МГУ, 1976.
- Мельников Н. В. Краткий справочник по открытым горным работам. М., «Наука», 1968.
- Мильков Ф. Н. Человек и ландшафт. М., «Мысль», 1973.
- Невяжский И. И., Пискун И. И., Спектор И. Р. О системе географического прогноза. «Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока», вып. 43, 1974.
- Овчинников В. А. Взаимосвязь природных и горнотехнических факторов при рекультивации земель, нарушенных открытыми горными работами. В сб. «Восстановление земель после промышленных разработок». М., 1967.
- Региональный географический прогноз. Под редакцией Т. В. Звонковой, Ю. Г. Саушкина и Е. Д. Смирновой. Изд-во МГУ, 1977.
- Рубина Е. А. Геоморфологическое картографирование территорий, измененных открытыми углеразработками на месторождениях Подмосковского бассейна и Германской Демократической Республики. Автореф. канд. дис. М., 1978.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
12.I.1979

PRINCIPLES OF PREDICTION OF GEOMORPHIC RESULTS OF MINERAL EXCAVATIONS

A. A. LUKASHOV, I. I. NEVYAZHISKY

Summary

Geomorphic consequences of mineral excavations can be in general predicted on the basis of «technological» connection between anthropogenous landforms and mineral-bearing layers' occurrence, as well as on the basis of physical-geographical conditions of the region. The authors discuss the subject with reference to various mineral deposits within the USSR and abroad are come to the conclusion that the nature's preservation requires proper forecasting at early stages of technical projects development.