УДК 624.131.1:622

И.П.ИВАНОВ, Т.Н.НИКОЛАЕВА
Санкт-Петербургский горный институт

НОВЫЙ ПОДХОД ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ТИПИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

На базе общей инженерно-геологической типизации месторождений полезных ископаемых В.Д.Ломтадзе предлагается построить типизацию с учетом сложностей рекультивации последствий разработки месторождения открытым или подземным способом. Типизацию можно использовать на стадии проектирования горного предприятия с включением в проект физической и биологической рекультивации нарушенных земель.

On the basis of general geological and engineering typification of deposits of minerals of V.D.Lomtadze it has been offered to construct typification taking into account difficulties of recultivation of consequences of deposit working by an opencast or underground method. The typification can be used at a design stage of a mining enterprise with inclusion of physical and biological recultivation of dislurbed soil in the project.

Современные инженерно-геологические классификации и типизации месторождений твердых полезных ископаемых выполнены с целью оценки и прогноза условий их разработки. Среди них наиболее общей является типизация В.Д.Ломтадзе [1], в которой по глубине залегания полезного ископаемого выделяются пять категорий месторождений и в каждой по пять типов в зависимости от слагающих их пород по известной классификации Ф.П.Саваренского – В.Д.Ломтадзе (табл.1). Отметим, что В.Д.Ломтадзе различает термины типизация и классификация. Типизация – это выделение и характеристика типов месторождений по типичным признакам, а классификация – это разделение месторождений на группы в зависимости от их общих признаков [2]. Общим для выделения типов или классов в современных разработках является их назначение – оценка и прогноз инженерно-геологических условий освоения территорий горными работами и сооружениями.

С другой стороны, в современных типизациях и классификациях отражена общая степень сложности инженерно-геологических условий разработки месторождений, что и привело к выделению их классов (типов) по степени сложности: простые, средней сложности и очень сложные месторождения [3, 5].

Таблица 1

Инженерно-геологическая типизация месторождений твердых полезных ископаемых по В.Д. Ломтадзе

Глубина залегания полезного ископаемого	Типы месторождений по группам горных пород				
	I. Твердые – скальные	II. Относительно твердые – полускальные	III. Рыхлые несвязные	IV. Мягкие связные	V. Особого состояния – мерзлые
Малая (примерно до 40 м)	I – а	II – а	III – а	IV – а	V – а
Сравнительно малая (40-100 м)	I – б	II – б	III – б	IV – б	V – б
Средняя (100-200 м)	I – в	II – в	III – в	IV – в	V – в
Большая (200-400 м)	I – г	II – г	II – г	IV – г	V – г
Очень большая (свыше 300-400 м)	I – д	II – д	III – д	IV – д	V – д

На первых стадиях геологической разведки, где рассматривается прогноз геологической обстановки без привязки к способу вскрытия и разработки месторождения, такие типизации и классификации вполне отвечают требованиям их изучения. Но если подойти к оценке инженерно-геологических условий с целью выбора наиболее экономически выгодного и безопасного способа разработки месторождения (это уже требуется на стадии детальной разведки), то степень сложности будет определяться более конкретно, исходя из характера и масштабов горно-геологических процессов и явлений в результате ведения горных работ открытым или подземным способом.

В связи с новыми требованиями к рациональному использованию недр и охране природной среды встает вопрос о новом статусе инженерно-геологических исследований, оценок и прогнозов [4]. Новый статус предполагает детальные исследования территории месторождения с целью прогноза последствий взаимодействия отдельных элементов инженерно-геологических условий с горными работами и сооружениями. Это прогноз горно-геологических процессов и явлений, возникающих в горных выработках (карьеры, шахты, отвалы, гидроотвалы, хвосто- и шламохранилища и др.) и в прилегающих территориях. Кроме того, в связи с проблемой охраны окружающей среды остро встает вопрос о геоэкологической защите нарушенных земель в рамках земельного отвода. Процесс защиты очень сложный и плохо изученный, но на первом этапе можно выделить три категории мероприятий по времени их проведения: упреждающие, сопутствующие и рекультивационные.

Геоэкологическая защита рассматривается по всем элементам инженерно-геологических условий, и для ее прогнозирования необходима информация о ее проведении в аналогичных условиях (существующий опыт совершенно незначительный) или же по данным локального горно-геологического мониторинга. Наличие такой информации позволит учесть технико-экономическую и экологическую особенности при выборе способа разработки месторождения. До сих пор все исследования велись с учетом только прогноза влияния инженерно-геологических элементов на результаты горного производства. Защита и восстановление нарушений не принималась в расчет при выборе способа разработки.

Отметим, что оценка защитных мероприятий во многих случаях (если не всегда) выводит на первое место по важности принятия решений орогидрографию местности. Этот элемент инженерно-геологических условий месторождений является самым чувствительным к влиянию техногенного воздействия. В горной практике орогидрография местности называется ландшафтом и определяется как конкретная территория, в которой могут происходить как глобальные, так и локальные изменения под воздействием открытых и подземных горных выработок. По опыту работ можно утверждать, что этот элемент инженерно-геологических условий при разведке месторождений полезных ископаемых не подвергался специальным оценкам, а тем более прогнозам изменения в результате взаимодействия с горными работами и сооружениями. В итоге последствия этого взаимодействия ликвидируются рекультивацией земель после завершения горных работ.

Большое негативное влияние на рост чувствительности ландшафта оказывают поверхностные водные объекты и различного рода гравитационные процессы и явления. Оценка чувствительности может быть проведена по данным работы географического мониторинга регионального масштаба, поэтому на стадии съемочных работ надо уже интересоваться его постановкой и режимом работы.

Изучение геологического строения, подземных вод и геодинамической обстановки довольно хорошо рассмотрено в специальной литературе, поэтому здесь нет необходимости и возможности подробно на них останавливаться. Также обстоит дело и с рассмотрением горно-геологических процессов и явлений, возникающих в горных выработках. Накоплен большой опыт, который дает возможность наметить необходимый объем специальных исследований для

учета их влияния при детальной разведке и проектировании горных предприятий.

В качестве первой типизации на стадии предварительной разведки месторождения можно рекомендовать общую типизацию В.Д.Ломтадзе, которая дает возможность сделать предварительную оценку инженерно-геологических условий по следующим особенностям: а) глубина залегания полезного ископаемого; б) горные породы вскрыши и вмещающей толщи по инженерно-геологической классификации; в) тектоническая обстановка; г) гидрогеологические условия; д) геологические процессы и явления, осложняющие освоение месторождения.

На следующей стадии разведки изменяется подход к оценке инженерно-геологических условий, обоснованию рекомендуемого способа вскрытия и разработки месторождения или отдельных его частей. Для этого необходимо получить и обработать следующую информацию по специальным видам исследований:

- оценка орогидрографии (ландшафта) территории месторождения и условия жизнедеятельности населения на ней;
- геологическое строение месторождения, тектоника, нарушенность массива горных пород, физико-механические свойства пород;
- гидрогеологические условия;
- геодинамическая обстановка (естественное напряженное состояние и природные процессы и явления);
- прогноз изменения отдельных элементов инженерно-геологических условий под воздействием горного производства (расчетные схемы и расчеты устойчивости горных сооружений);
- прогноз защиты (охраны) окружающей среды и рекультивации нарушенных земель;
- выбор наиболее экологичного способа разработки месторождения или его части;
- проект организации и функционирования горно-геологического локального мониторинга с целью уточнения прогнозных оценок и обоснования защитных мероприятий.

В настоящий период развития горной промышленности из всех перечисленных видов специальных исследований меньше всего уделяется внимания работам по ограничению вредного воздействия разработки месторождений на окружающую среду, по восстановлению нарушенных земель и по рекультивации территорий. Поэтому остановимся более детально на характерных признаках инженерно-геологических условий, по которым можно проводить типизацию разрабатываемых месторождений и прилегающих к ним территорий. Отметим, что способ разработки месторождения и извлечения полезного ископаемого оказывают существенное влияние на характер и объемы происходящих нарушений и необходимых мероприятий защиты окружающей среды. Открытый (карьерный) способ разработки месторождений, как известно, имеет наиболее важное значение как по объему его применения в горной практике, так и по площади нарушения геологического пространства, поэтому мы приведем данные для типизации карьерных полей.

1. Прежде всего, перечислим основные элементы нарушений, вызываемые разработкой месторождений открытым способом. Это карьеры, основания внешних отвалов, хвосто- и шламохранилищ, транспортные магистрали, промплощадки, площадки ГСМ, обогатительные и флотационные фабрики, административные здания, депрессионные воронки осушения подземных вод.

Все это пространство на отметках земной поверхности представляет собой земельный отвод, который подлежит последующей рекультивации. Ценность этого пространства (нарушенные земли) будет определяться большим набором показателей в зависимости от почвенного и растительного покрова, поверхностных водных объектов (реки, озера, водохранилища), степени освоения человеком (населенные пункты, дороги, сооружения, сельскохозяйственные угодья и др.). Площадь земельного отвода зависит от целого ряда природных и техногенных признаков, по которым можно оценить его значение для каждого конкретного месторождения, разрабатываемого по опре-

деленной технологической схеме. Попробуем определить площадь земельного отвода в зависимости от геологической обстановки, глубины залегания полезного ископаемого, условий его залегания и углов откосов бортов погашения. Эта часть земельного отвода определяется как сумма площади карьера по почве полезного ископаемого и четырех площадок прибортовых частей, зависящих от глубины карьера и углов бортов погашения, т.е. $S_{вк} = S_{пи} + 4\Delta S_{бп}$.

Таким образом, в первую же оценку площади карьерной выемки по верхнему контуру вошли очень важные характеристики месторождения: глубина залегания полезного ископаемого, литология вскрышной толщи, мощность и условия их залегания, тектоника и трещиноватость, параметры сопротивления сдвигу, гидрогеологические условия.

2. Гораздо сложнее определить площади оснований под внешними отвалами как в пространстве, так и во времени. Они будут зависеть от технологической схемы разработки месторождения, которая, в свою очередь, связана с условиями залегания полезного ископаемого. Дело в том, что необходимо принципиально оценить перспективы развития горных работ по двум возможным вариантам отвалообразования: без внутренних отвалов и практически без внешних отвалов пород вскрыши. При этом отметим, что для решения этой проблемы не имеют значения глубина полезного ископаемого (карьера) и геологическое строение вскрышной толщи. Внутреннее отвалообразование возможно при наличии свободных и удобных площадей в карьере, в его основании после выемки полезного ископаемого. Такая обстановка создается на месторождениях осадочного (пластового) типа, при горизонтальном и слабонаклонном (до 5°) залегании полезного ископаемого. Поэтому на таких месторождениях после проходки первой разрезной траншеи горные работы развиваются в карьере по трем направлениям: вскрышные работы, выемка полезного ископаемого и внутреннее отвалообразование. По существу, в этом случае рекультивация выработанного пространства сопутствует вскрышным работам. В качестве примера можно назвать месторождения огнеупорных глин в Новгородской обл., бокситовые месторождения в Архангельской обл., ряд угольных месторождений в Подмосковье и Кузбассе. На этих месторождениях определенное ограничение негативного воздействия горных работ на нарушение земель и начальный этап их рекультивации создается в период эксплуатации полезного ископаемого.

Внешнее отвалообразование вскрышных пород осуществляется для всего периода добычи полезного ископаемого в случае крутого падения залежи, когда с углублением горных работ не создается свободного пространства для внутреннего отвалообразования. Весь объем вскрышных пород в этом случае попадает в земельный отвод, увеличивая его, а само карьерное пространство рекультивируется после окончания горных работ. Вместе с этим, рекультивации подвергаются и внешние отвалы. Здесь гораздо сложнее прогнозировать масштабы нарушенных земель, занятых внешними отвалами, т.е. надо определить предельно устойчивые высоты и углы откосов внешних отвалов.

В качестве примеров такого типа месторождений можно привести алмазные трубки в Архангельской обл. и целый ряд рудных месторождений, залегающих в виде крутопадающих залежей в скальных массивах в разных районах страны.

3. Между этими двумя полюсными типами месторождений находится ряд объектов, в которых площадь земельного отвода определяется территориями, занятыми под отходы переработки полезного компонента на обогатительных и флотационных фабриках. Это гидросооружения с низкими углами откосов и высотами, являющиеся сооружениями с высокой землеемкостью и степенью загрязнения гидросферы. По этим сооружениям выполнено большое количество работ, но все они проведены с целью оценки их параметров по обеспечению безопасности с точки зрения устойчивости как откосных сооружений (А.М.Гальперин, В.Г.Зотеев, Ю.И.Кутепов и др.). К сожалению, нет ис-

Таблица 2

Типизация месторождений твердых полезных ископаемых по условиям их разработки и защиты окружающей среды

Типы месторождений по литологии перекрывающих пород	Подтипы месторождений по характерным особенностям условий их разработки								Код месторождения по типизации
	1р, 1о, 1в, 1б	2к, 2о, 2с, 2ф	3с, 3г	4х	5г, 5х, 5з	6л, 6п, 6н	7з, 7в, 7л	8к, 8п, 8в, 8з	
I. Скальные породы	1о	2к	3с	4х	5г	6л	7в	8к	I 1о 2к 3с 4х 5г 6л 7в 8к
II. Нескальные породы	1р, 1в	2о	3с, 3г	4х	5г (высокая)	6п,6н	7з, 7л	8п	II 1р 1в 2о 3с 3г 4х 5х 6п 6н 7з 7л 8п
III. Многолетнемерзлые породы	1б	2с	3с	4х	5з	–	–	8в	III 1б 2с 3с 4х 5з 8в
IV. Особо опасные прослои в геологическом разрезе	1р	2ф, 2о	3с	4х	5з	6н, 6п	7л, 7з	8п, 8з	IV 1р 2ф 2о 3с 4х 5з 6н 6п 7з 7л 8п 8з

Условные обозначения к табл.2

Основные характерные особенности месторождений, которые следует рассматривать при определении специфики их разработки и рекультивации, обозначены арабскими цифрами и строчными буквами.

1. Поверхностные водные объекты, подвергающиеся техногенному воздействию: 1р – реки; 1о – озера; 1в – искусственные водохранилища, 1б – болота.

2. Геологические процессы и явления, осложняющие разработку: 2к – карст; 2о – оползни; 2с – сейсмические явления и аномальные напряжения, 2ф – фильтрационная деформация.

3. Наличие внешних отвалов вскрышных пород: 3с – сухие отвалы; 3г – гидроотвалы.

4. Наличие хвосто- или шламохранилищ отходов производства: 4х – хвосто- или шламохранилища.

5. Изменение режима подземных вод под влиянием горного производства: 5г – гидродинамическое; 5х – гидрохимическое; 5з – загрязнение подземных вод.

6. Характер освоения прилегающих территорий: 6л – леса; 6п – пашни; 6н – населенные пункты.

7. Направление рекультивации нарушенной горным производством территории: 7з – земли для сельского хозяйства; 7в – водные искусственные объекты (пруды, водоемы); 7л -лесоустроительство.

8. Время проведения рекультивации нарушенных земель: 8к – по окончании горного производства; 8п – параллельно с горными работами; 8в – по мере возможности, 8з – предварительная защита.

следований, направленных на защиту окружающей среды от протекающих в них процессов, увеличение землеемкости этих сооружений. Это связано, в первую очередь, с отсутствием локальных мониторингов, функционирующих как по направлению наблюдений, так и по части управления протекающими в них процессами.

На основе проведенного здесь краткого анализа сложившейся специфики недооценки инженерно-геологических условий при разработке типизаций и классификаций месторождений полезных ископаемых с учетом землеемкости горных работ и обслуживающих сооружений, а также с позиций защиты окружающей природной среды нам представляется следующий порядок типизации изучаемых месторождений на различных стадиях их разведки, разработки и рекультивации территорий, подверженных изменению при их разработке.

Во-первых, на предварительных стадиях разведки месторождений полезных ископаемых следует при разработке прогнозов инженерно-геологических условий применять наиболее общую типизацию, предложенную В.Д.Ломтадзе, для которой имеются все необходимые данные в материалах геологической разведки (глубина залегания полезного ископаемого, геологическое строение вскрышной толщи). Если у исследователей есть предпочтение к классификации ВСЕГИНГЕО, то они могут по имеющимся материалам разведочных работ использовать эту классификацию, поскольку она имеет статус инструктивного ведомственного документа.

Во-вторых, по результатам исследований на стадии детальной геологической разведки не только утверждаются в ГКЗ запасы и качество полезного ископаемого, но и выдается необходимая информация в проект-

ную организацию для составления проекта разработки месторождения. Дополнительно к разведочным данным следует иметь материалы инженерно-геологических и гидрогеологических полевых и лабораторных исследований, позволяющие подготовить свои рекомендации (заключение) в два этапа: а) обосновать экологически наиболее безопасный способ разработки месторождения; б) оценить инженерно-геологические условия защиты окружающей среды (во время разработки месторождения и рекультивации нарушенной территории) при выполнении горных работ способом, рекомендуемым на предыдущем этапе. На втором этапе предполагается использовать материалы дополнительных полевых и лабораторных исследований и результаты сторонних организаций (моделирование, опытные работы, расчеты и др.).

В-третьих, на стадии доразведки и во время ведения горных работ на территориях, находящихся под воздействием горного предприятия, следует организовать локальный горно-геологический мониторинг и вместе с его функционированием предусмотреть выполнение дополнительных инженерно-геологических и гидрогеологических исследований с целью уточнения выданных оценок и прогнозов, а также получения данных по изменению характера и масштабов мероприятий по защите окружающей среды.

Разработка инженерно-геологической типизации месторождений особо актуальна на последних двух стадиях ведения исследований и наблюдений. По результатам исследований появилась возможность выделить наиболее конкретные и определяющие критерии предлагаемой типизации, продолжая развитие наиболее общей с учетом прогнозов изменения окружающей среды и необходимых мероприятий по ее охране и рекультивации (табл.2).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Минобразования РФ (шифр Е 00-9.0-115).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ломтадзе В.Д.* Инженерная геология месторождений полезных ископаемых и их типизация // Зап. ЛГИ. 1974. Т.67. Вып.2.

2. *Ломтадзе В.Д.* Инженерная геология месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1986.

3. Изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождений твердых полезных ископаемых / ВСЕГИНГЕО. М., 1986.

4. *Иванов И.П.* Оценка инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых с учетом экологических требований / И.П.Иванов, А.И.Арнаутов; Материалы симпозиума по проблемам прикладной геологии. СПб, 1993.

5. *Ольховатенко В.Е.* Инженерная геология угольных месторождений Сибири и Дальнего Востока. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1992. Т.2.