© Ю.И. Кутепов, Н.А. Кутепова, В.В. Ермошкин, В.П. Жариков, 2007

УДК 622.271.4

Ю.И. Кутепов, Н.А. Кутепова, В.В. Ермошкин, В.П. Жариков

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ГИДРООТВАЛОВ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД

Семинар № 1

Рассмотрены закономерности формирования состава, состояния и свойств намывных отложений гидроотвалов и «сухих» отвалов вскрышных пород Центрального Кузбасса. Приведены результаты изучения инженерно-геологических и экологических условий рекультивации гидроотвалов, эксплуатация которых завершена. Установлено, что породы «сухих» отвалов характеризуются достаточно хорошим плодородием, что связано с наличием в них угля различной степени окисленности. Для двух гидроотвалов разреза «Сартаки» рассмотрены условия формирования на поверхности насыпей в виде отвалов «сухой» вскрыши с применением автомобильно-бульдозерных комплексов и экскаваторов при железнодорожном транспорте пустых пород на отвал.

Открытая добыча угля сопровождается изъятием земель из сфер лесного и сельскохозяйственного производства, их нарушением при создании открытых горных выработок-разрезов и формировании отвалов вскрышных пород. Территории, занятые под отвально-разрезные комплексы, в общем объеме нарушенных площадей Кузбасса составляют 80 %; они простираются на многие километры, занимают площади от десятков до тысяч гектаров и представляют собой основные объекты рекультивации. Одной из важнейших научно-технических задач при этом является обоснование рекомендаций по рациональному ведению рекультивационных и горных работ для создания комплексных горнотехнических сооружений, например, отвалов и гидроотвалов в горных выработках, отвалов на гидроотвалах, а также отвалов, отсыпанных на гидроотвалах, намытых в горных выработках. Подобные комбинации позволяют не только разместить на изъятых для нужд горного производства территориях дополнительные объемы вскрышных пород, но и выполнить их горнотехническую рекультивацию. Это особенно важно при решении проблем гидроотвалов вскрышных пород, которые длительное время из-за низкой несущей способности намывных отложений не доступны для производства специальных работ с применение сельскохозяйственного и рекультивационного оборудования.

В Кузбассе за более чем полувековой период использования гидромеханизационного способа на разрезах удалено около 900 млн м^3 вскрыши с размещением ее в 50-ти намывных сооружениях различной площади, высоты и емкости. Большая часть объектов в настоящее время законсервирована и тре-

Таблица 1

Характеристика гидроотвалов разреза «Сартаки»

№ п/п	Наименование гидроотвала	Емкость, млн. $м^3$	Высота сооружения, м	Площадь сооружения, га
1	Южный	16	12	152
2	На р. Черновой Уроп	46	25	562
3	В выработках пластов № 1 и 2 (1-ая очередь)	15	25 (макс. мощность намывных пород до90 м.)	100
4	В выработках пластов № 1 и 2 (2-ая очередь)	12	8 (макс. Мощность намывных пород до20 м.)	110

бует выполнения рекультивации. Например, на разрезе «Сартаки», где гидромеханизация применяется с 1961 года, разработано около 90 млн $м^3$ вскрыши, которая в разное время размещалась в 4 гидроотвалах (табл. 1). По состоянию на конец 2005 года три из четырех сооружений законсервированы, на двух выполнялись и выполняются отвальные работы, а в одном, расположенном в выработках пластов № 1 и 2, осуществляется намыв.

Гидроотвалы вскрышных пород представляют собой достаточно сложные техногенные системы, включающие искусственно созданные дамбы, намывные массивы, поверхностные водоемы. Большая часть слагающих их пород характеризуется повышенными влажностью, пористостью, сжимаемостью и низкими плотностью, прочностью и несущей способностью. Формирование намывных массивов гидроотвалов в Кузбассе из покровных суглинков и глин определятся процессами фракционирования и гравитационного уплотнения, при этом важнейшим фактором является избыточное поровое давление, возникающее и рассеивающееся в намывном массиве при интенсивном его намыве и нагружении [1, 2]. Это делает данные инженерно-геологичес-кие тела неоднородными не только в плане и разрезе, но и времени. Гидроотвалы по составу целесообразно разделить на зоны песчано-супесча-ных, суглинистых и глинистых пород, в пределах каждой из которых можно выделить по консистенции подзоны текучих, мягкопластичных, тугопластичных, а иногда и полутвердых пород (табл. 2). Породы выделенных зон также характеризуются различными агрохимическими свойствами (табл. 3). Специфика биоклиматической обстановки в пределах выделенных участков поверхности гидроотвала способствует произрастанию на каждом из них различных видов растительности.

Первый участок приурочен к песчано-супесчаной зоне гидроотвала и занимает примерно 10 % общей площади. Характеризуется более легким гранулометрическим составом пород и относительно глубоким уровнем грунтовых вод (от 2 до 6 м). По этой причине почвообразование здесь протекает по полугидроморфному типу. Породы практически не содержат легкорастворимых солей в дозах, достигающих порога токсичности. Плотный остаток не превышает 0,2 %. Состав растворов преимущественно гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый с содержанием $Ca(HCO_3)_2$ – 0,3-0,5 и $CaSO_4$ – 0,3-1,2 мг-экв/100 г субстрата. Химические и агрохимические свойства субстратов вполне благоприятны для произрастания древесных и кустарниковых культур. Химические и агрохимические свойства субстратов вполне благоприятны для произрастания древесных и кустарниковых культур. Значительная карбонатность пород и,

Таблица 2

Физико-механические свойства намывных пород

Физико-механичес. свойства	Песчано-супесчаная зона	Суглинистая зона			Глинистая зона		
		Подзоны пород по консистенции			Подзоны пород по консистенции		
		текучих	мягко-пластич	туго-пластич	текучих	мягко-пластич	туго-пластич
Влажность, %	14-30	27-40	24,5-31,4	22,1-26,3	37-100	31-38	28-31
Плотность, т/ м^3	1,7-2,1	1,8-1,92	1,9-2.0	2,0-2.02	1,61-1,88	1,88-1,96	1,96-2.01
Пористость, %	33,7-43,7	44-52,5	38,5-46,6	40-41,6	50-71	44,5-50	41-44
Угол внут. трения, град	25-32	14-23	19-25	22	0-6	8-16	8-16
Сцепление, МПа	0,013-0,055	0,015-0,026	0,023-0,043	0,04-0,063	0,005-0,015	0,015-0,035	0,04-0,06
К-т сжимаемости, см/кг^2	0,06-0,008	0,14-0,04	0,08-0,02	0,02-0,009		0,1-0,03	0,03-0,01

Таблица 3

Агрохимические свойства намывных пород

Наименование пород	Гумус по Тюрину, %	pH	Поглощение основания, мг-экв на 100 г	K_20	P_20_5	$C0_2$	$CaC0_3$
				Мг на 100 г почвы		%	
Супесь	1,02	8,1-8,7	17,6-23,4	3,7-4,9	5-7,5	3,7-5,7	8,4-13,0
Суглинок	0,84	8,5-8,8	21,2-24,2	8-9,6	1,8-2,5	5,5-6,4	12,4-14,6
Глина	0,34-0,63	8,7-8,8	22,6-29,0	0,2-0,46	0,85-1,45	4,4-7,2	8,95-14,8

соответственно, повышенная их щелочность (значение pH около 8,5) вносят некоторые коррективы в выбор древесных и кустарниковых культур, в частности, в пользу растений, требовательных к повышенному уровню элементов зольного питания в субстрате (береза, липа, клен и др.).

Второй участок приурочен к зоне суглинистых пород, занимающей 30 % поверхности гидроотвала, характеризуется более тяжелым гранулометрическим составом. Почвенно-экологические условия данного участка зависят от уровня грунтовых вод, который располагается на глубинах от 1 до 3 м. По этой причине почвообразование здесь протекает в гидроморфном режиме. Изученные параметры, характеризующие химические и агрохимические свойства субстратов, позволяют отметить, что почвенные условия данного участка принципиально не отличаются от рассмотренных выше. Наблюдается только различие в гранулометрическом составе. Поэтому при выборе древесных и кустарниковых культур определяющим условием также является их отношение их к воде. По этой причине здесь могут произрастать только мезогигрофиты (осина, тополь, черемуха и др.).

Третий участок приурочен к ядерной зоне гидроотвала, сложенной глинистыми породами, занят в настоящее время водоемами и болотом. Его почвенно-экологические условия определяются

тяжелым гранулометрическим составом пород, позволяющим их отнести к глинам. Наблюдаются повышенные значения влажности и пористости, свидетельствующие о слабой уплотненности намывного массива. По причине расположения на данном участке водоема здесь могут произрастать болотные гигрофиты.

Проведенный анализ почвенно-геохимической обстановки на гидроотвале позволяет отметить, что намывные породы гидроотвала ни по одному из определенных параметров не являются токсичными. Неоднородность массива по гранулометрическому составу и низкая водопроницаемость пород обусловливает их значительное увлажнение, поэтому условия для роста и развития древесных пород на поверхности гидроотвала могут быть удовлетворительны только при проведении мероприятий по гидромелиорации, которые весьма трудоемки и требуют значительных затрат.

Одним из направлений рекультивации гидроотвалов является нанесение на их поверхностях слоя пород, обеспечивающих проходимость горнотранспортного и сельскохозяйственного оборудования, а также создание благоприятных гидрогеологических и агрохимических условий для произрастания определенных видов растительности. Для этих целей можно использовать вскрышные породы. На разрезах Центрального Кузбасса, разрабатывающих угольные пласты кольчугинской серии верхней перми, вскрышная толща представлена покровными отложениями (суглинками и глинами) неоген-четвертичного возраста и углевмещающими породами: песчаниками, алевролитами, аргиллитами. В результате буро-взрывных, экскаваторных, транспортных операций породы подвергается первичной техногенной дезинтеграции, утрачивая естественное строение, состояние и свойства. При их размещении в отвалы происходит дальнейшая гравитационная сортировка материала, приводящая к созданию неоднородных техногенных намывных массивов, характеризующихся специфическим строением, составом, состоянием и свойствами пород. «Сухие» отвалы обычно сложены дресвяно-щебенистым, реже дресвяно-щебенисто-глыбовым породами, в которых промежутки заполнены более мелкодисперсным материалом покровных отложений. Инженерно-геологические условия насыпных техногенных массивов определяются процентным соотношением материалов, поступающих в отвал, их составом, временем существования и интенсивностью процесса биохимического выветривания. При выветривании породы в отвалах преобразуются в так называемый техногенный элювий, который по составу можно разделить на три группы (табл. 4, п.п. 6, 7, 8). Физико-механические свойства отвальных пород и техногенного элювия приведены в табл. 4.

Изучение агрохимических свойств пород вскрыши показало, что все породы не содержат водорастворимых солей в концентрациях токсичных для растений, характеризуются слабощелочной и нейтральной реакцией среды (pH = 7-7,6). Емкость поглощенных оснований составляет 22,1-25,6 мг-экв/100 г породы, что при наличии карбонатов кальция указывает на низкую емкость исследуемого субстрата. Изменение данного показателя в указанных пределах определяется количеством глинистой фракции и

Таблица 4

Физико-механические свойства отвальных пород

№ п/п	Наименование пород, состав обломков и заполнителя	Угол внутрен. трения, град.	Сцепление, МПа	Плотность, т/м^3
	Свежеотсыпанные отвальные породы			
1	Песчаники	30-32	0,005	1,8-1,85
2	Алевролиты	26-30	0,005	1,8-1,85
3	Смесь песчаников, алевролитов и аргиллитов	28-32	0,005	1,8-1,85
4	Суглинки	10-21	0,01-0,015	1,85-1,95
5	Смесь обломочного материала и суглинка	10-28	0,01-0,015	1,8-1,95
	Насыпные породы, измененные в отвалах (техногенный элювий)			
6	Пески и супеси, образовавшиеся из песчаников и алевролитов	26-30	0	1,75-1,8
7	Супеси и суглинки, образовавшиеся из алевролитов и известняков	18-24	0,005-0,01	1,8-1,9
8	Суглинки и глины нарушенного сложения, а также суглинки, образовавшиеся из аргиллитов	10-21	0,01-0,015	1,85-1,95

Таблица 5

Агрохимические свойства пород Центрального Кузбасса

Глубина отбора образца, см	Гумус (по Тюрину), %	Азот общий (по Кьельдалю), %,	Сумма поглощенных оснований, Мг-экв на 100 г	Гидролитическая кислот ность, Мг-экв На 100 г	$pH_{кс!}$	P_2O_5 (по Чирикову), Мг/кг почвы	K_2O (по Чирикову), Мг/кг почвы
	Чернозем выщелоченный						
0-30	7,9	0,54	48,0	3,6	6,0	110	180
30-45	6,0	0,30	40,2	3,7	6,0	100	145
	Техногенный элювий вскрышных пород						
0-20	4,0	0,25	25,6	2,3	7,0	100	150
20-45	2,9	0,20	22,1	2,2	7,6	90	120

органического вещества. Наличие последнего связано в большей степени с включениями во вскрышных породах частиц угля разной степени окисленности. Известно, что присутствие угля в породах повышает процент органического вещества в них и увеличивает потенциальное плодородие техногенного элювия, мобилизуясь современной растительностью не сразу, а постепенно и медленно. Другие химические свойства техногенного элювия приведены в табл. 5 в сравнении со свойствами естественных почв, характерных для данного района. Следует отметить, что исследуемый техногенный элювий и отвальные породы имеют неплохие показатели плодородия - содержания гумуса и подвижных форм основных элементов питания. Это позволяет сделать вывод о

том, что на отвалах вскрышных пород формируются почвы и создаются условия для выращивания многолетних трав и различных видов деревьев.

Разработка рекомендаций по обоснованию рекультивации территорий, занятых гидроотвалами, посредством размещения на них отвалов «сухих» требует решения следующих основных задач: 1) обоснования параметров отвалов и нового сооружения отвал – гидроотвал; 2) разработки технологических схем формирования отвалов в режиме управляемого деформирования откосов с применением различного технологического оборудования; 3) разработки методики мониторинга безопасности формирования нового сооружения и отвалообразования на гидроотвалах.

Обоснование параметров отвала «сухой» вскрыши на гидроотвале и, в частности, его высоты или мощности рекультивационного слоя следует осуществлять с учетом целевого назначения объекта, инженерно-геоло-гических и экологических условий гидроотвала и наличия пригодного для этих целей породного материала. Если таковой на объекте присутствует в неограниченном количестве, то гидроотвал целесообразно предварительно использовать для размещения отвала при максимальных параметрах, и в последующем подвергнуть его рекультивации. Параметры отвалов и нового сооружения «отвал-гидроотвал» данном случае обосновываются на основании расчетов устойчивости с использованием результатов инженерно-геологического изучения. Ограниченное количество вскрышного материала или большая дальность его транспортировки до объекта предопределяет определения минимальной мощности рекультивационного слоя, выполняемого на основе геомеханические расчеты устойчивости формируемых откосов, несущей способности пород, проходимости транспорта и оборудования.

Обоснование параметров нового сооружения «отвал – гидроотвал» следует производить на основе расчетов устойчивости, при которых необходимо учитывать: - неоднородность строения массивов; - наличия в намывных породах порового давления, изменяющегося во времени в пределах намывного массива в зависимости от состава пород и применяемой технологии отвалообразования; - изменчивость прочности пород при формировании и рассеивании порового давления. Среди существующих методов расчета устойчивости откосов отвалов наиболее полно отмеченные особенности позволяет учитывать метод алгебраического суммирования сил по плавной криволинейной поверхности скольжения (метод Г.Л. Фисенко), реализованный в виде программы на ПЭВМ. Кроме того, нами апробирована для использования программа «GALENA» австралийской фирмы «Glover Technology», в которой применяются три известных инженерных метода расчетов устойчивости (Бишоп, Спенсер, Сарма). Выполнению расчетов устойчивости предшествуют расчеты порового давления, которые для случая отсыпки рекультивационного слоя рекомендуется производить, используя решение одномерной кон-солидации при мгновенном нагружении слоя пород на водоупоре или дренаже [4, 5].

На гидроотвалах разреза «Сартаки» при отсыпке отвалов «сухих» пород обосновано применение двух технологических схем отвалообразования, предполагающих работу следующего технологического оборудования: 1) автомобилей и бульдозеров; 2) экскаваторов

(как драглайнов, так и мехлопат) и железнодорожного транспорта.

Первая схема используется при формировании отвала на гидроотвале, намытого в выработках пластов № 1 и 2. Он относится к сооружениям котлованного типа с двухсторонним обвалованием; характеризуется: емкостью 15 млн $м^3$, максимальной высотой дамб – 25 м, максимальной мощностью намывных пород – 90 м, площадью – 100 га. После завершения намыва на нем производится отсыпка отвала высотой 5–10 м с использованием блокового развития при применении мобильного технологического оборудования [6, 7], которое может находиться в зоне деформирования отвала короткий промежуток времени, осуществляя разгрузку (автомобили) или сталкивание (бульдозеры) материала под откос. Отвалообразование на каждом блоке ведется до появления критичес-кой ситуации, после чего работы переносятся на следующий отвальный блок и т.д.

Другой технологической схемой отвалообразования на гидроотвале является экскаваторное отвалообразование с применением драглайнов или мехлопат при железнодорожной доставке пород на отвал. При отвалообразовании драглайнами отвальный механизм и транспорт находятся вне зоны развития деформаций, а в случае использования мехлопаты, радиусы черпанья и разгрузки которого не достаточно большие, возможны условия его работы в режиме управляемого деформирования при кратковременном нахождении в призме возможного оползания в случаях раздельного формирования по времени верхнего и нижнего подъярусов.

Экскаваторное отвалообразование использовалось на гидроотвале «Южный» в вариантах применения драглайнов и мехлопат. Работы на отвале были организованы в направлении от периферии к центру, чтобы предотвратить растекания материала за пределы сооружения. Отсыпка отвалов драглайнами производилась в Западной части намывного сооружения при высоте отвала 10-15 м, во всех других частях применялась схема с использованием мехлопаты. В последнем случае проведено изучение деформаций откосов и установлено, что максимальные смещения приурочены к внешней части отвала в пределах конуса, сформированного первым подъярусом. Кроме того, деформации развиваются на поверхности первого подъяруса и захватывают трассу движения экскаватора. Однако их величины и скорости значительно меньше, что позволяет отвальному механизму во время удалиться из зоны деформированного откоса. Для этих целей используется технология последовательной отсыпки первого и второго подъярусов с отставанием по фронту на 50-70 м [8, 9].

Обязательным мероприятием при ведении отвальных работ на гидроотвалах является мониторинг безопасности. В его состав входят инженерно-геологические, гидрогеологи-ческие и маркшейдерские работы, а также технологический контроль. Обоснование видов и объемов мониторинга безопасности произведено для каждого объекта, исходя из конкретных инженерно-геологичес-ких условий и используемой технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гальперин А.М., Ферстер В., Шеф Ю.* Техногенные массив и охрана окружающей среды. Из-во МГГУ, 1997. - 534 с.

2. *Кутепов Ю.И., Кутепова Н.А.* Изучение порового давления в намывных отложениях при строительстве и эксплуатации гидроотвалов. – Сб. научн. тр. ВНИМИ «Управление горным давлением и прогноз безопасных условий освоения угольных месторождений». - Л.: Из-во ВНИМИ, 1990, с 110-119.

3. *Кутепов Ю.И., Кутепова Н.А.* Техногенез намывных пород. – М.: Геоэкология, №5, 2003 г, с 405-417.

4. *Гальперин А.М.* Управление состоянием намывных массивов на горных предприятиях. М., Недра, 1988.

5. *Указания* по методам гидрогеомеханического обоснования оптимальных параметров гидроотвалов и отвалов на слабых основаниях. Часть 1. Изучение гидрогеомеханических условий строительства и эксплуатации отвальных сооружений */Кутепов Ю.И., Норватов Ю.А., Кутепова Н.А./*. – Л.: Изд-во ВНИМИ, 1990.

6. *Указания* по методам гидрогеомеханического обоснования оптимальных параметров гидроотвалов и отвалов на слабых основаниях. Часть II. Обоснование оптимальных параметров отвальных сооружений */Кутепова Ю.И., Норватов Ю.А., Кутепова Н.А./*. Л.: Изд-во ВНИМИ, 90 с.

7. *Рекомендации* по инженерно-геологическому обоснованию параметров отвалов сухих пород, отсыпаемых на гидроотвалах */Кутепов Ю.И., Норватов Ю.А., Кутепова Н.А. и др./*. Л.: ВНИМИ, 1985, 82 с.

8. *Кутепов Ю.И.* Научно-методические основы инженерно-геологического обеспечения отвалообразования при разработке угольных месторождений. Авт. дис. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук. – М.: МГГУ, 1999.

9. А.С. СССР № 1671858. Способ отвалообразования. Авт. Кутепов Ю.И., Кутепова Н.А. и др., от 1 августа 1988 г.

Коротко об авторах

Кутепов Ю.И., Кутепова Н.А. – ОАО «Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела – Межотраслевой научный центр ВНИМИ»,
Ермошкин В.В., Жариков В.П. – ОАО «УК «Кузбассразрезуголь».

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
ДМИТРИЕВ Владимир Трофимович	Обоснование и выбор энергосберегающих параметров функционирования шахтных компрессорных установок	05.05.06	д.т.н.