

**В.Г. Башкатов**

## **ПОЛЕВОЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

породный отвал, водный режим, методика определения

### **Введение**

Для формирования эффективного растительного покрова на отвалах угольных шахт важным является познание (определение) водного режима поверхностного слоя породы и динамики содержания в нем влаги.

При определении водного режима породных отвалов на сегодня используют методы почвоведения [1, 2, 4, 5, 8, 9]. Эти методы оказываются не всегда приемлемыми для породных отвалов, так как эти объекты существенно отличаются от зональных почв. Эти особенности обусловлены тем, что породные отвалы имеют иную структуру горизонтов поверхностного слоя в его вертикальном разрезе. Для отвалов характерным является наличие мелкодисперсного верхнего слоя и крупномерного нижнего слоя. Тогда как для зональных почв характерна обратная структура горизонтов. У них верхние слои более рыхлые по отношению к нижним слоям. Кроме того, особенность отвалов заключается еще в том, что их поверхность не горизонтальна, а наклонена к горизонту под определенным углом. Этот угол называют углом откоса склона отвала. Выделенные особенности породных отвалов накладывают новые требования к методам исследования водного режима их поверхностного слоя.

### **Цели и задачи**

В связи с вышеизложенным возникает необходимость разработки метода определения водного режима породных отвалов, более удобного для специфических условий изучаемых объектов.

Перед нами возникла задача разработать так называемый «метод водного насыщения» опытного участка поверхностного слоя породных отвалов, позволяющего определять его основные водно-физические свойства.

### **Объекты и методика исследований**

Объектом исследования служил породный отвал шахты № 19 шахтоуправления «Петровское» Донецкой области. Характеристика отвала является типичной для большинства отвалов угольных шахт Донецкой и Луганской областей. Он относится к отвалам неэксплуатируемым, переформированным, частично озелененным.

Определение зависимости расхода воды от гранулометрического состава образцов проводили в лабораторных условиях. Просеивали породу через сито и выделяли две фракции 1- 0,25 мм и менее 0,25 мм. Образцы высушивали до воздушно сухого состояния. Равные объемы помещали в цилиндрические воронки и увлажняли водой из распылителя. При этом регистрировали количество воды, расходуемой на увлажнение, время насыщения образца и расход воды при выходе на стационарный режим расхода (режим после насыщения образца).

Определение структуры вертикального среза поверхностного слоя отвала проводили двумя методами - морфолого-седиментационным и методом динамического увлажнения.

Морфологическое исследование проводили путем выделения визуально различимых слоев, с последующим определением гранулометрического состава каждого выделенного слоя. Гранулометрический состав определяли седиментационным методом [3,6,7] в мерном цилиндре с регистрацией размеров каждого слоя фракции. На склоне отвала делали разрез на глубину 20 см и проводили описание визуально различимых слоев породы. Затем брали образцы породы из каждого слоя и проводили седиментационный анализ на относительное содержание отдельных фракций.

Структуру вертикального разреза также определяли и динамическим увлажнением. Для этого выделяли исследуемый участок на поверхности склона отвала, ограничивали его кольцом диаметром 20 см и проводили регулируемое увлажнение водным распылителем, регистрируя расход воды и продолжительность увлажнения.

Водно-физические свойства определяли методом «водного насыщения» образцов породы поверхностного слоя отвала. Сущность этого метода заключается в том, что создается искусственный водный поток, подаваемый на выделенный участок поверхности отвала до его полного насыщения влагой. Площадь опытного участка задается исследователем. Она имеет известную величину ( $S_p$ ). На эту площадку подается регулируемый поток воды с определенным расходом ( $P$ ) и контролируется время насыщения ( $t$ ) водой исследуемого участка (образца). Момент насыщения определяли визуально по появлению не впитываемой воды на поверхности образца.

В зависимости от гранулометрических особенностей образца изменяются параметры потока воды. Это дает возможность по характеристике водного потока находить характеристику верхнего слоя породного отвала и определять его водно-физические свойства.

Регулируемый поток влаги – это поток воды с известным расходом за определенный промежуток времени. Назовем такой поток «входным потоком», то есть это поток воды, который подается на вход образца (рис.1).



Рис. 1. Схема отвала с исследуемым участком на поверхности склона.

Выходной поток воды - это поток воды, вытекающей из образца или испаряющийся.

Количественно расход воды ( $P$ ) определяется ее объемом, подаваемой на выделенный участок ( $V$ ) в единицу времени ( $t$ ).

$$P = V/t \quad (\text{мл/с}) \quad (1)$$

Входной поток ( $\Pi$ ) характеризуется величиной потока.

$$\Pi = V/S*t \quad (\text{мл/м}^2*\text{с}) \quad (2)$$

Поток влаги на поверхность отвала можно представить в виде расхода воды, приходящегося на площадь участка.

$$\Pi = P/ S \quad (3)$$

При фиксации размера орошаемого участка ( $S=\text{const}$ ) параметры потока определяются только величиной расхода ( $P$ ). В таком случае водные свойства поверхностного слоя породы отвала будут отражаться характером изменения расхода влаги, поступающей на орошаемый участок.

Какие же свойства породного слоя определяются параметрами входного потока влаги? Это, прежде всего, гранулометрический состав и содержание влаги в слое породы. Рассмотрим каждый из них более подробно.

#### Результаты исследований и их обсуждение

Морфологическое изучение структуры поперечного разреза поверхностного слоя породного отвала **позволило** выделить три явно выделяющиеся слоя - верхний, средний и нижний, (рис. 2).

Верхний горизонт (выветренный) представлен мелкодисперсной фракцией породы, являющейся продуктом физико-химического выветривания.

Средний горизонт (переходный) представлен частицами более крупных фракций с присутствием мелкодисперсных частиц, вымытых из верхнего слоя.

Нижний горизонт (подстилающий) представлен основной не выветренной породой с крупной обломочной фракцией.

С гранулометрическим составом тесно связано наличие и размеры воздушных полостей в исследуемом образце. Чем крупнее фракции, из которых состоит образец, тем более крупные воздушные полости. В этом случае через такой образец может пройти больший водный поток.

Результаты лабораторных измерений расхода воды представлены на рисунке 3. Как видно из рисунка, в образцах с крупными фракциями частиц расход воды больше по сравнению с образцами с мелкой фракцией.

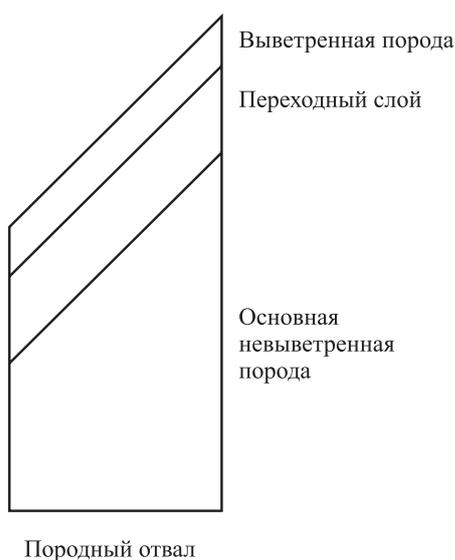


Рис. 2. Схема вертикальных разрезов поверхностного слоя породного отвала и почвы.



Рис. 3. Зависимость расхода воды входного потока от гранулометрического состава образца породы.  
К – крупная фракция. М – мелкая фракция.

Таким образом, величина водного потока характеризует наличие и размер воздушных полостей и, следовательно, гранулометрический состав исследуемого образца породы.

Количество влаги, содержащейся в исходном образце, будет изменять параметры входного потока воды. Это обусловлено изменением продолжительности насыщения образца влагой. Схематически этот процесс представлен на рисунке 4. На графике выделяются два основных участка - стадия впитывания (насыщения) и стадия пропускания (фильтрации) влаги.

На первой стадии вода, поступающая в образец, поэтапно связывается силами сцепления молекул воды с частицами образца. Наиболее прочная связь образуется при химическом связывании. Этот этап проходит с наибольшей скоростью. Затем силы связывания ослабевают, и скорость связывания на последующих этапах снижается. Вода остается в образце до полного связывания. После связывания воды всеми видами связей, она начинает просачиваться через образец. На второй стадии происходит фильтрация воды. Это вода свободная, то есть не связанная ни какими силами.

Как видно из рисунка 4, динамика поглощения и пропускания воды через образец отражает специфику свойств образца при взаимодействии его с водой. По графику динамики можно определять как разные формы связанной воды, так и прохождение свободной воды.

Практически методом насыщения в условиях полевого опыта химическую, абсорбционную и капиллярную формы связанной воды поверхностного слоя отвала определить невозможно, так как она всегда находится в атмосфере влажного воздуха и влаги, испаряющейся из нижних слоев породы. Но возможно определить гравитационную и свободную воду. Такие измерения следует проводить на участках склона, порода которых высушена до воздушно сухого состояния. Такая порода лишена гравитационной воды, в ней влага находится в виде химически, абсорбционно и капиллярно связанной. На этих участках стадия впитывания влаги будет определяться только величиной гравитационной и свободной воды.

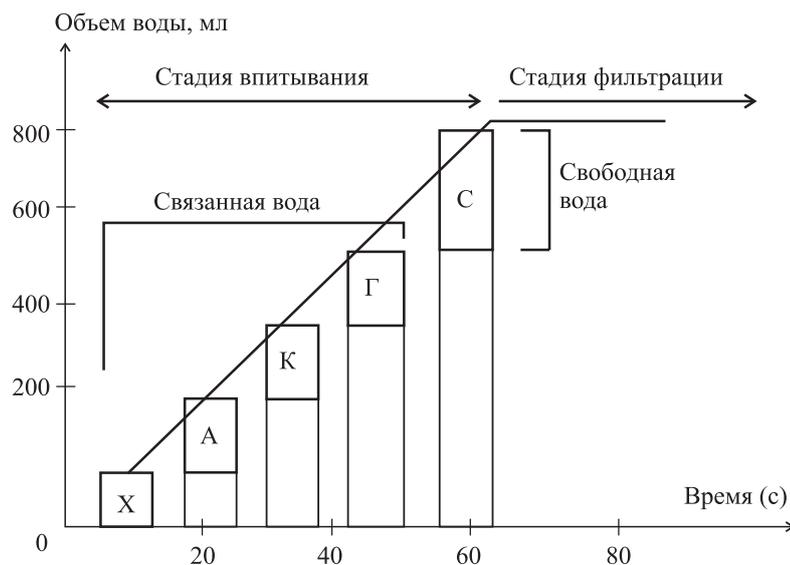


Рис. 4. Схема динамики расхода воды входного потока в образце породы с различной степенью увлажнения.

X - химически связанная вода. А - вода, связанная абсорбционными силами. К - капиллярно связанная вода. Г – вода, удерживаемая силами, уравновешивающими гравитацию (гравитационная вода).

Количество влаги, содержащейся в исходном образце, будет изменять параметры входного потока воды. Это вызовет изменение продолжительности насыщения образца влагой, что можно использовать для определения влажности образца.

На рисунке 5 представлены результаты определения расхода воды для образца породы с разной продолжительностью высушивания. Из графика видно, что по мере высушивания поверхностного слоя породы количество воды, расходуемой для полного насыщения влагой образца, возрастает. Причем это возрастание вначале идет быстро, а затем снижается, достигая предела на 14-е сутки. Этот момент свидетельствует о том, что в поверхностном слое породы через 14 суток высушивания не осталось гравитационно связанной воды.

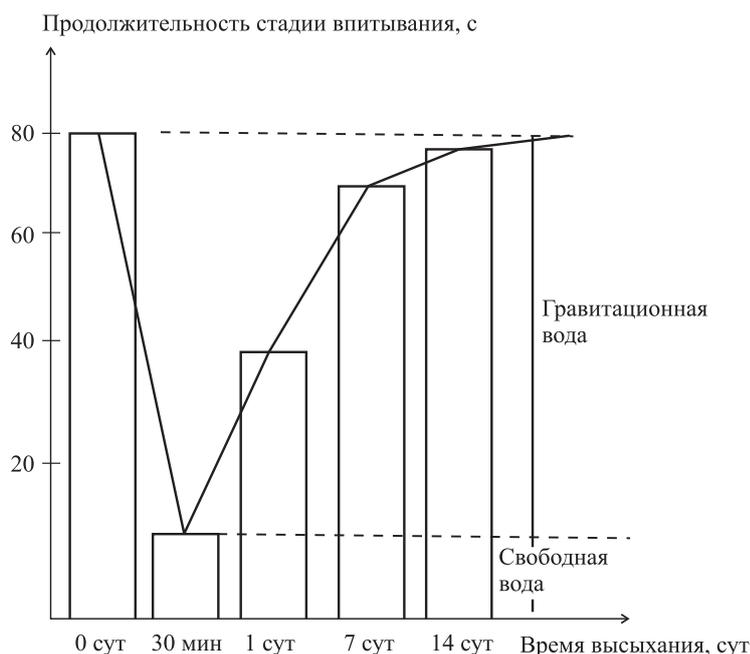


Рис. 5. Зависимость продолжительности стадии впитывания от времени высушивания поверхностного слоя породы.

Величину свободной воды определяли в начале опыта повторным увлажнением через 30 минут. За это время вся свободная вода стекала в нижние слои породного отвала.

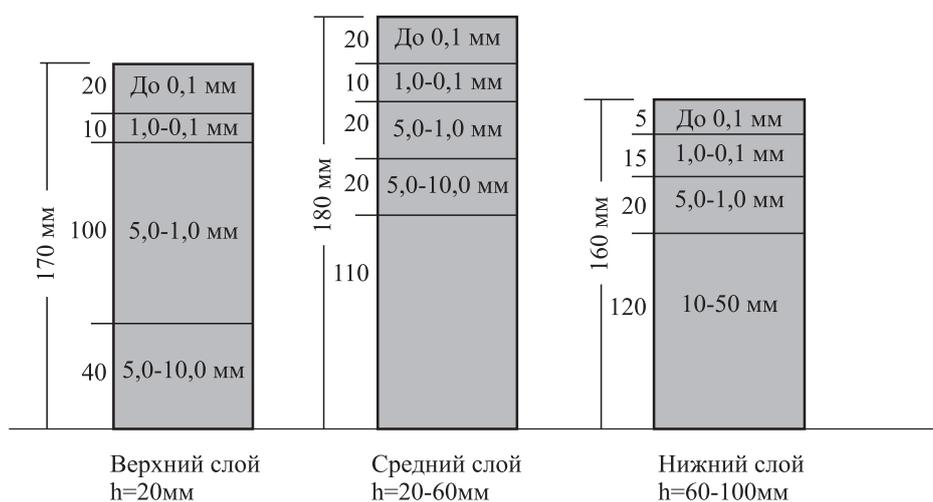
Таким образом, мы определили величины свободной и гравитационно связанной влаги на исследуемом участке поверхности склона породного отвала.

Однако, остается неизвестным, для какого слоя породы определены выше приведенные характеристики. Для этого необходимы знания о структуре вертикального среза поверхностного слоя породного отвала, в котором могут быть выделен лимитирующий слой, определяющий весь режим поступления влаги в «тело» отвала.

Результаты морфолого-седиментационного анализа образцов породы представлены на рисунке 6. Анализировали участки склона породного отвала, заросшие растительностью и лишенные растительности. Как видно из рисунка 6, структура вертикальных срезов для участков, заросших растительностью, и не заросших явно различаются. Различие наблюдается в толще самого верхнего слоя породы отвала. На участке с растительностью толщина верхнего (выветренного) слоя более чем в два раза превышает толщину слоя породы на участке, лишенного растительности.

Гранулометрический состав показывает, что в верхнем слое породы отвала содержится наибольшая доля мелкозема (фракции менее 0,1 мм) по сравнению с более глубокими слоями. Причем содержание мелкозема верхнего слоя на участке, заросшем растительностью, почти в три раза превосходит эту величину на участке без растительности. Это свидетельствует о существовании сильного влияния растительности на процессы выветривания породы, на изменение грануломе-

Участок породного отвала без растений



Участок породного отвала с растительным покровом

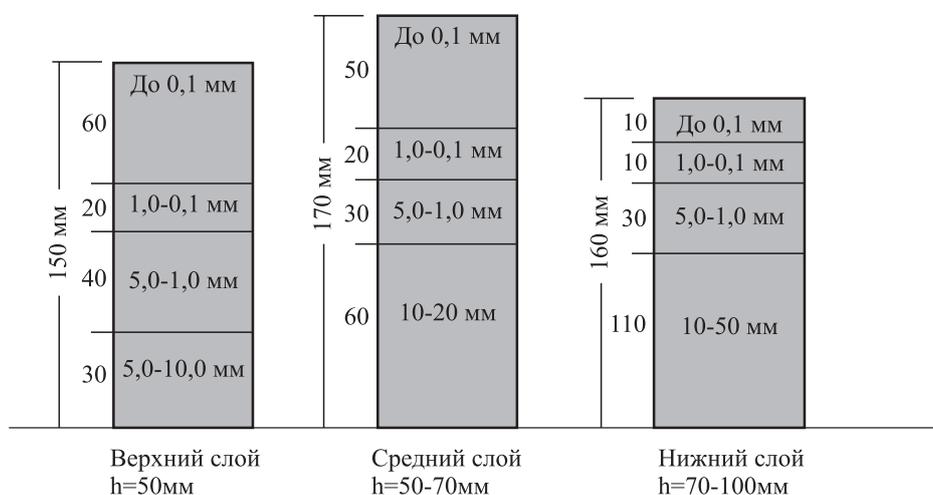


Рис. 6. Гранулометрическая характеристика поверхностного слоя породного отвала.

трического состава поверхности отвала. Важно отметить, что верхний слой породы на участке отвала, лишенном растительности, имеет толщину всего около 10 мм очень плотного состава в сухом состоянии. Этот слой образует явно выраженную корку, на поверхности участков отвала, лишенных растительности.

Для исследования структуры вертикального разреза поверхностного слоя породного отвала был также использован и другой метод – водного насыщения.

Результаты определения водно-физических свойств поверхностного слоя породы отвала методом водного насыщения представлены на рисунке 7.

Из этого рисунка видно, что самый верхний слой породы мощностью 10 мм имеет наименьшее значение расхода воды для его полного насыщения. Этот слой является лимитирующим для проникновения осадков в «тело» отвала. Далее более глубокие слои, отстоящие от поверхности на 20 мм, 30 мм, 40 мм, 50 мм имеют большую величину расхода воды. Причем, в первую минуту увлажнения (на стадии насыщения) расход воды явно больший, чем в последующие минуты (на стадии фильтрации).

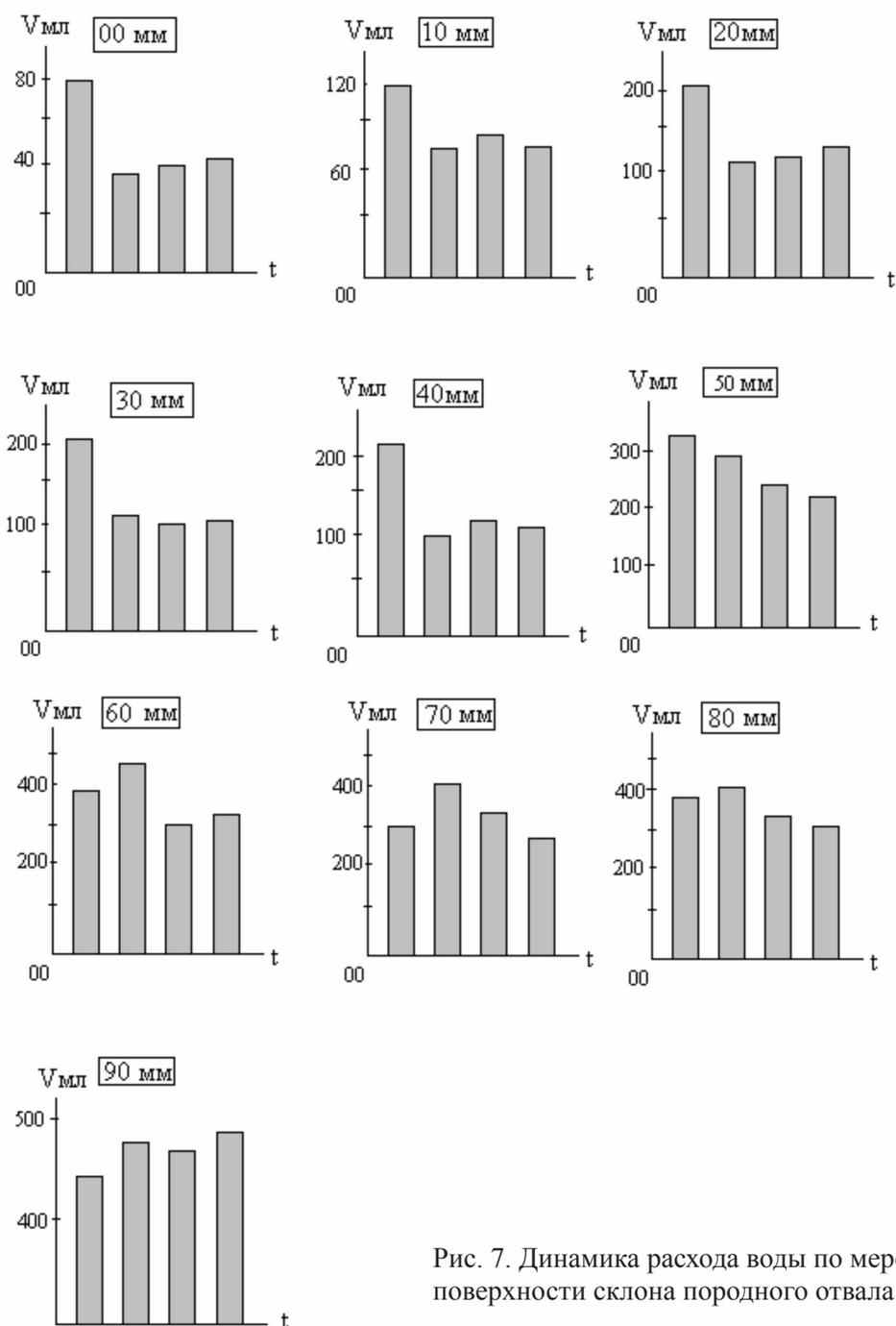


Рис. 7. Динамика расхода воды по мере углубления с поверхности склона породного отвала.

Начиная с глубины 60 мм и до 90 мм, динамика расхода воды выравнивается. Она одинакова как для стадии впитывания, так и для стадии фильтрации. Такая динамика характерна для довольно крупной фракции, когда поступающая в слой вода сразу уходит в более глубокие слои, незначительно связываясь верхним слоем.

### **Выводы**

В заключение можно сделать следующие выводы.

1. Метод «водного насыщения» исследуемых участков породного отвала показал достаточно высокую его перспективность, как экспресс-метода, позволяющего проводить исследования в полевых условиях на неповрежденных образцах породы.
2. Сравнительное определение гранулометрического состава общепринятым ситовым и седиментационным методами с одной стороны, и методом водного насыщения - с другой, показали хорошее совпадение, что свидетельствует о том, что предлагаемый метод может использоваться в практике полевых исследований породных отвалов.
3. Метод «водного насыщения» позволяет определять текущую влажность отдельных слоев породного отвала, а также динамику испарения влаги в периоды между выпадением атмосферных осадков.
4. В процессе исследования водно-физических свойств поверхностного слоя отвала установлено, что самый верхний слой мощностью не более 10 мм является лимитирующим для поступления влаги в породный отвал.

1. Агрохимические методы исследования почв: [отв. ред. Соколов А. В.] - М.: Наука, 1975. – 656 с.
2. *Белобров В. П.* География почв с основами почвоведения / В.П. Белобров, И.В. Замотаев, С.В. Овечкин – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 352 с.
3. *Боме Н.А.* Почвоведение. / Н. А. Боме. – Тюмень: Изд-во Тюменск. гос. ун-та, 2002. – 80с.
4. *Карпачевский Л.О.* Экологическое почвоведение Л.О.Карпачевский – М.: Изд-во Московск. гос. ун-та, 1996. -280с.
5. *Карпачевский Л.О.* Динамика свойств почв /Л.О. Карпачевский – М.: ГЕОС, 1997.-196 с.
6. Практикум по почвоведению / [Кузьяметов Г.Г., Мифтахова А.М., Киреева Н.А., Новоселова Е.И] - Уфа: РИО БашГУ, 2004. – 120 с.
7. Почвоведение [ред. Кауричев. И.С.] - М.: Колос, 1982. – 496 с.
8. Почвоведение [ ред. Ковда В.А. ]- М. Наука, 1988. 400 с.
9. *Роде А.А.* Основы учения о почвенной влаге / А.А.Роде, – Л.: Гидрометеиздат, 1969 . - 370 с.

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Получено 15.06.2009

УДК 631.432.3:631.619

### **ПОЛЕВОЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

В.Г.Башкатов

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Предложен полевой метод определения водного режима поверхностного слоя породных отвалов угольных шахт. Метод прост в исполнении, не требует сложного и тяжелого оборудования, что очень важно для полевых условий на сильно пересеченной местности.

UDC 631.432.3:631.619

### **A FIELD METHOD OF DETERMINATION OF THE WATER REGIME IN THE SUPERFICIAL LAYER OF COAL MINE WASTE DUMPS**

V.G. Bashkatov

Donetsk Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine

A field method of determination of the water regime in the superficial layer of coal mine waste dumps is proposed. The method is simple for implementation; it requires no complicated and heavy equipment, which is very important for field conditions on the heavily broken terrain.