

Originality. The relationship between the parameters of the disturbance of the geological environment as a result of mining and the change in the level of groundwater in the region is established.

Practical value. The proposed mathematical models allow to establish the height of the rise in the groundwater level and the radius of the depression funnel from mining at any given time, which allows for a forecast.

Key words: violation of the geological environment, growth of underground water level, depression crown, consideration.

Рекомендована к публикации
д. т. н. М. С. Четвериком
Поступила 30.05.2017



УДК 622.271:502.53.004.67

Производство

Е. В. Малеев

Институт геотехнической механики
им. Н. С. Полякова Национальной академии
наук Украины, г. Днепро, Украина
e-mail: maleev@i.ua

Направления развития горных работ по восстановлению ландшафта нарушенных территорий при открытой разработке горизонтальных месторождений

Ye. V. Malieiev

Institute of Geotechnical Mechanics
M. S. Polyakov NAS of Ukraine, Dnipro, Ukraine
e-mail: maleev@i.ua

Tendencies of the development of mining operations to rectore disturbed territories in terms of open-pit horizontal mining

Цель работы. Обоснование восстановления ландшафта и водообменных процессов в нарушенной геологической среде в процессе отвалообразования и рекультивации при открытой разработке горизонтальных и пологопадающих месторождений. Восстановление земель, пригодных для использования в сельском хозяйстве.

Методика. Установление взаимосвязи между направлениями перемещения фронта горных работ карьера и потоком поверхностных и подземных вод, возникающих в тальвегах балок; их влияние на эффективность технологических процессов открытой разработки.

Результаты. На основании взаимосвязи направления перемещения фронта горных работ карьера относительно потока поверхностных и подземных вод в тальвегах балок определено рациональное направление перемещения фронта горных работ, которое позволяет восстановить рельеф поверхности в виде, близком к природному.

Научная новизна. Впервые даны обоснования восстановления ландшафта и водообменных процессов в нарушенной геологической среде в процессе отвалообразования и рекультивации при открытой разработке горизонтальных и пологопадающих месторождений. Восстановление земель, пригодных для использования в сельском хозяйстве путем применения послойной горнотехнической и биологической рекультивации.

Практическая значимость. Обеспечение восстановления ландшафта и водообменных процессов в нарушенной геологической среде. Восстановление земель, пригодных для использования в сельском хозяйстве. (Ил. 6. Библиогр.: 9 назв.)

Ключевые слова: открытая разработка месторождений, ландшафт, водообменные процессы в геологической среде, отвалообразование, рекультивация.

Постановка проблемы. Развитие горнодобывающей отрасли связано с нарушением геологической среды и в значительной мере обусловлено увеличением доли открытого способа добычи полезных ископаемых. На месте природных ландшафтов сформировались новые техногенные объекты: карьеры, отвалы, терриконы, шламохранилища и зоны смещения. Такие техногенные новообразования рельефа изменили геоморфологическое и гидрологическое строение региона, что, в свою очередь, вызвало климатические микроизменения, изменения почвенного и растительного покрова. Одной из мер его предотвращения, восстановления продуктивности земель после их техногенного нарушения и стабилизации экологического состояния является рекультивация.

Изложение основного материала. Земная поверхность, под которой расположено полезное ископаемое, подлежащее открытой разработке, представлена как равниной, так и в виде расчлененных балок и оврагов. Этот природный ландшафт имеет важное значение для водообменных процессов в геологической среде. Балки своими устьями выходят к рекам и питают их поверхностными водами в виде атмосферных осадков. Также в них происходит разгрузка подземных водоносных горизонтов.

Следует учесть, что в естественной геологической среде четвертичные отложения имеют свойства как система, в которой породы (лессовидные) с высокими фильтрационными параметрами пропускают влагу (атмосферные осадки). Породы с низкими фильтрационными параметрами (глины) ее задерживают, а пески и частично лессовидные породы накапливают. Это позволяет накапливать осенне-зимние воды, которые являются основными в обеспечении влагой растений. Существует зона аэрации.

Таким образом, горные породы с различными физико-механическими характеристиками, создают водообменную систему в естественной геологической среде.

Создаваемая техногенная геологическая среда в виде внутренних отвалов приводит к нарушению водообменной системы: вертикальные поры ликвидируются и породы становятся водупорами, отсутствует зона аэрации. При открытой разработке создают плоские внутренние отвалы. В результате разрушается поверхностный и подземный сток вод, при этом нарушается питание рек и подземных водоносных горизонтов. Исходя из этого, является актуальным исследование возможности при открытой разработке горизонтальных и пологопадающих месторождений создания первоначального ландшафта и восстановления водообменных процессов в нарушенной геологической среде.

Результаты предыдущих исследований. В области рекультивации земной поверхности, нарушенной в результате открытой разработки месторождений, выполнен большой объем исследовательских работ [1–9]. В работе А. Ю. Дриженка [4] предусматривается засыпка балок и других неудобий черноземом, так называемое землевание почвы. Это не позволит ни улучшить свойства почвы, ни обеспечить водообменные процессы в нарушенной среде. В работе А. М. Лазникова [5] предлагается осуществлять не рекультивацию земель, а ревалвацию. Под ней понимают создание искусственного ландшафта путем сооружения прудов, зон отдыха и др.

В соответствии с законодательством горные предприятия получают землю в аренду. Во многих случаях по условиям аренды, если берут землю в аренду сельхозназначения, то и должны ее возвратить для сельхозназначения. При этом не разрешается изменять целевое назначение земли. Поэтому требования к рекультивации земель существенно повышаются. В работе М. С. Четверика, Е. А. Ворон [6] в этом направлении выполнена работа по применению послойной горнотехнической и биологической рекультивации земель. Но в ней также не рассматривается восстановление ландшафта, близкого к природному.

Последовательность исследований:

1. Рассмотреть виды рельефа земной поверхности, подлежащей открытой разработке.
2. Определить рациональное направление перемещения фронта горных работ, которое позволяло бы восстановить рельеф поверхности в виде, близком к природному.
3. Рассмотреть особенности применения послойной горнотехнической и биологической рекультивации земель применительно к условиям формирования ландшафта.

1. Виды рельефа земной поверхности, подлежащей открытой разработке

Проведен анализ рельефа земной поверхности при разработке месторождений марганца в Никопольском марганцевом бассейне, при разработке Малышевского циркон-рутил-ильменитового месторождения в Вольногорске и др. Все они свидетельствуют о том, что в процессе отработки месторождений разрушаются балки, по которым происходит разгрузка поверхностных и подземных вод. Наиболее характерным является рельеф поверхности Мотроновско-Анновского циркон-рутил-ильменитового месторождения (рис. 1).

Территория будущего карьера граничит с деревнями Дмитровка, Марьяновка, Новоукраинка, Мотроновка, Новоанновка, Сарабаш (быв.

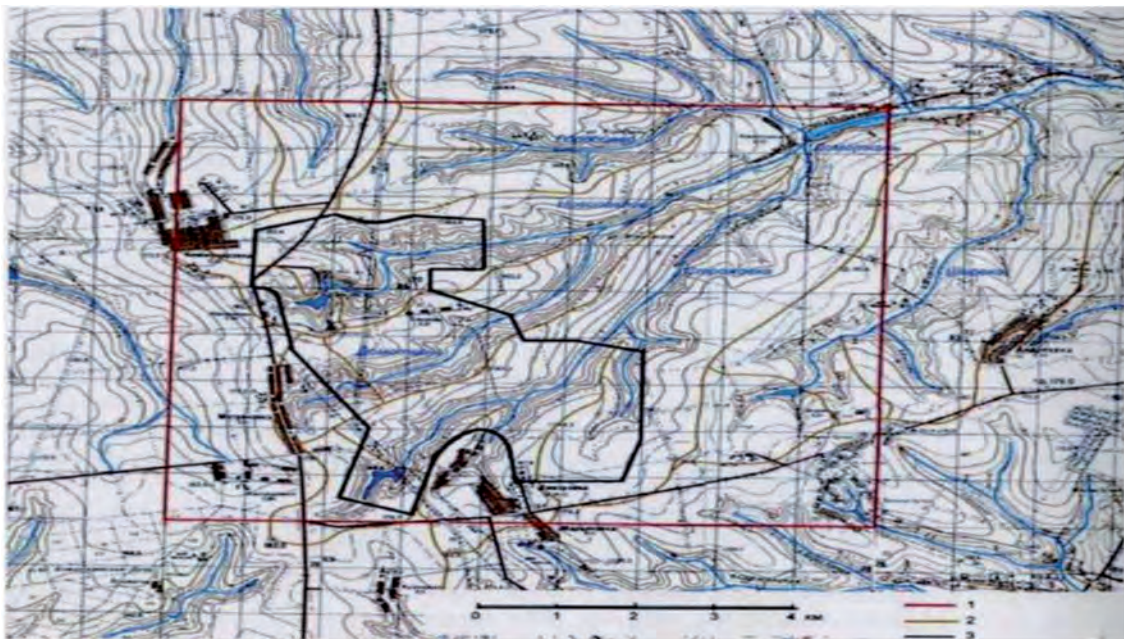


Рис. 1. Карта рельефа Мотроновско-Анновского месторождения:

1 – зона моделирования водопритоков в будущий карьер; 2 – линии водоразделов между балками; 3 – конечный контур отработки месторождения. (по А. М. Лазникову)

Коммунаровка). Карьерное поле имеет размеры $6,25 \times 4,0$ км, его площадь – 1760,0 га. Местность представляет собой равнину с отметками поверхности 170–180 м, расчлененную долиной р. Домоткань с ее притоками – балками Сторожев-ка, Горобцова, глубиной до 70 м (рис. 2). Склоны балок пологие, имеют выпуклый характер, днище плоское. Максимальный уклон поверхности – 2 %.

В районе села Зуботрясовка балки сливаются. Здесь находится заболоченное озеро, что свидетельствует о разгрузке подземного потока. Отсюда следует, что при ликвидации балок при разработке месторождения, будет ликвидирован и поток подземных вод.

Анализ рельефа поверхности различных участков местности, где предусмотрена или производится открытая разработка месторож-

дений, свидетельствует о том, что они представляют разветвления в виде дерева, при котором небольшие балки смыкаются с большими и, в конечном итоге, главным устьем выходят к объектам разгрузки.

При формировании плоского отвала происходит подтопление и засоление почв вследствие недостаточного стока атмосферных осадков с субгоризонтальной поверхности, составленной слабопроницаемыми суглинками. Вследствие неравномерной осадки отвалов возникают бессточные понижения, в которых скапливается вода после дождей и таяния снега. Весной растительность погибает в результате подтопления, а летом вода интенсивно испаряется, и образуются солонцы, нарушая при этом не только экологический, но и эстетический фон среды.



Рис. 2. Балка на месте первоочередных горных работ

Для решения данной проблемы необходимо создать типологию ландшафта, позволяющую применить наиболее эффективные методы восстановления (рис. 3).

Ландшафтные комплексы техногенного происхождения могут быть устойчивыми (безопасными с экологической и эстетической точек зрения) и неустойчивыми (являться объектом повышенной опасности).

Неустойчивый ландшафт характеризуется вредным экологическим воздействием, нарушением видовой экологии, геологической неустойчивостью и сокращением «полезных», используемых земель. Такие земли требуют применения мер, качественно меняющих его структуру и воздействие на окружающую среду. Методы по созданию устойчивого ландшафта могут проводиться как отдельно (очистка почвы и воды, укрепление геологической структуры, создание зеленого покрова и т. д.), так и в совокупности с рекультивацией и освоением [9].

Устойчивый ландшафт может использоваться в трех основных направлениях:

- рекультивация (засыпка выемок, ликвидация отвалов);

- рекреационное использование (создание водоемов, парков и заповедников на техногенном ландшафте, спортивных объектов и т. д.);

- архитектурное использование (создание жилых, общественных и промышленных объектов, инженерных сооружений).

Путь, по которому возможно и необходимо восстановление ландшафта, определяется экономическим и экологическим состоянием изучаемой территории.

2. Определение рационального направления перемещения фронта горных работ

Выбор направления развития горных работ карьера имеет большое значение, как исходя из режима горных работ по выемке полезного ископаемого и вскрышных пород, так и обеспечения безопасной работы, исключая оползневые процессы. Он является важным и при формировании техногенного ландшафта, близкого к природному.

Рассмотрим перемещение горных работ, когда фронт будет перпендикулярен к тальвегам балок. В этом случае можно достичь равномерного режима горных работ по выемке годовых объемов вскрыши и руды. Однако по длине

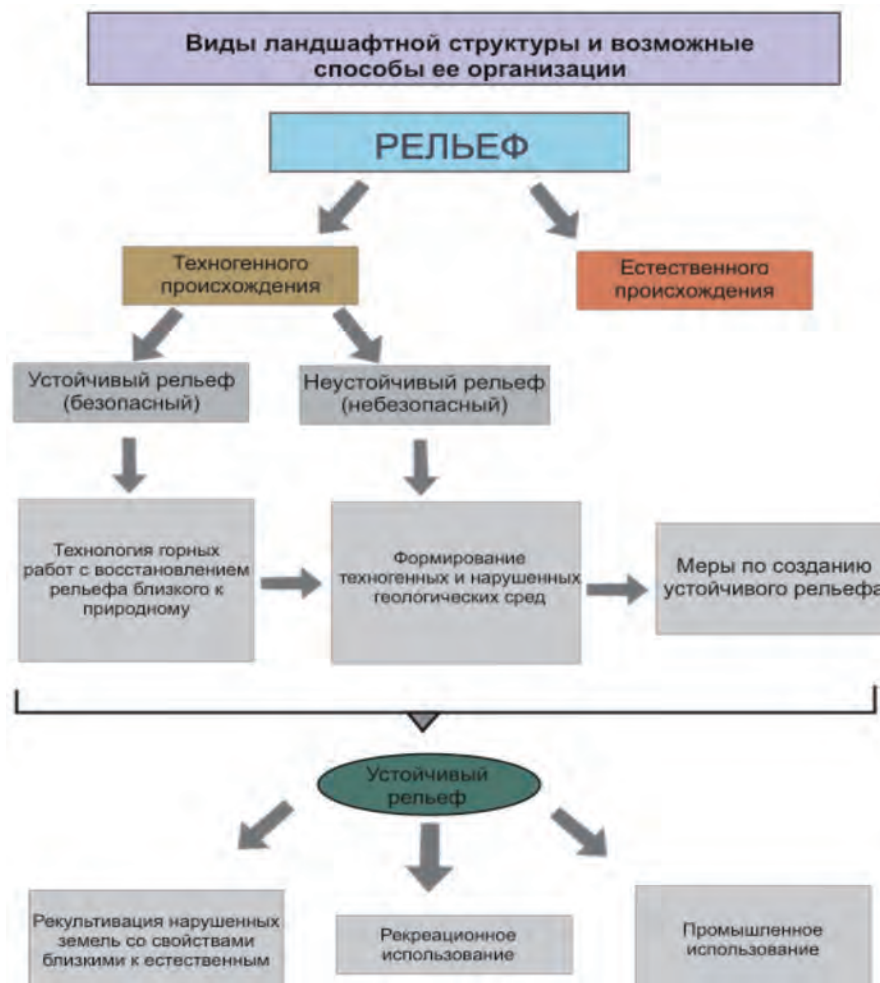


Рис. 3. Блок-схема типологии ландшафта

фронта горных работ будет изменяться количество вскрышных уступов и их высота. В местах, где фронт горных работ будет пересекать тальвеги балок, общая высота вскрышных уступов будет меньше. С точки зрения формирования внутреннего отвала вскрышных пород и ландшафта земной поверхности, подобного природному, такое развитие горных работ рационально. Однако это может привести к существенным оползневым процессам, поскольку фронт горных работ будет пересекать движение подземных и поверхностных вод по тальвегу балок. Особенно это характерно для условий карьера Завальевского графитового комбината (рис. 4).

На карьере, начиная с 1963 года, произошло около 15 оползневых деформаций. Анализ гидрогеологических и гидрологических условий рельефа поверхности в районе реки Южный Буг и карьера свидетельствует, что главной причиной оползневых процессов на северном и северо-западном бортах карьеров является нарушение подземных и поверхностных вод в результате образования техногенной геологической среды: карьера и отвалов. Это происходит в результате того, что северный борт карьера по своему простираению пересекает три большие балки с большим гидравлическим уклоном: восточную, центральную и западную. Эти балки (до создания карьера) питали реку Южный Буг и смещались южнее существующего карьера. Питание происходило поверхностными вода-

ми, которые стекали по тальвегам балок и подземными – вытекали с балтских песков.

Таким образом, когда северным бортом оголяются зоны движения (потоки) поверхностных и подземных вод, то происходят оползневые процессы. Движение подземных и поверхностных вод из балок направлено в карьер, как показано на рис. 4.

Таким образом, если фронт работ карьера будет перпендикулярным по отношению к тальвегам балок, то будет достигнут равномерный режим горных работ по выемке полезного ископаемого и вскрышным работам. По всему фронту работ в отвалах необходимо формировать одновременно пересекаемые балки. Если обеспечить водотоки по балкам, то одновременно с перемещением фронта работ формируется техногенный ландшафт, подобный природному (рис. 5). С одной стороны, это приведет, как показано выше, к оползневым процессам, с другой – к технологическим трудностям одновременного формирования нескольких балок.

3. Разработка и обоснование схемы послыйной горнотехнической и биологической рекультивации нарушенных земель применительно к условиям формирования ландшафта

Согласно проведенному обзору научных работ в данном направлении, мы с толкнулись с тем, что в большинстве случаев выполнение рекультивации после разработки земель оставляет ровную поверхность, где когда-то были балки,

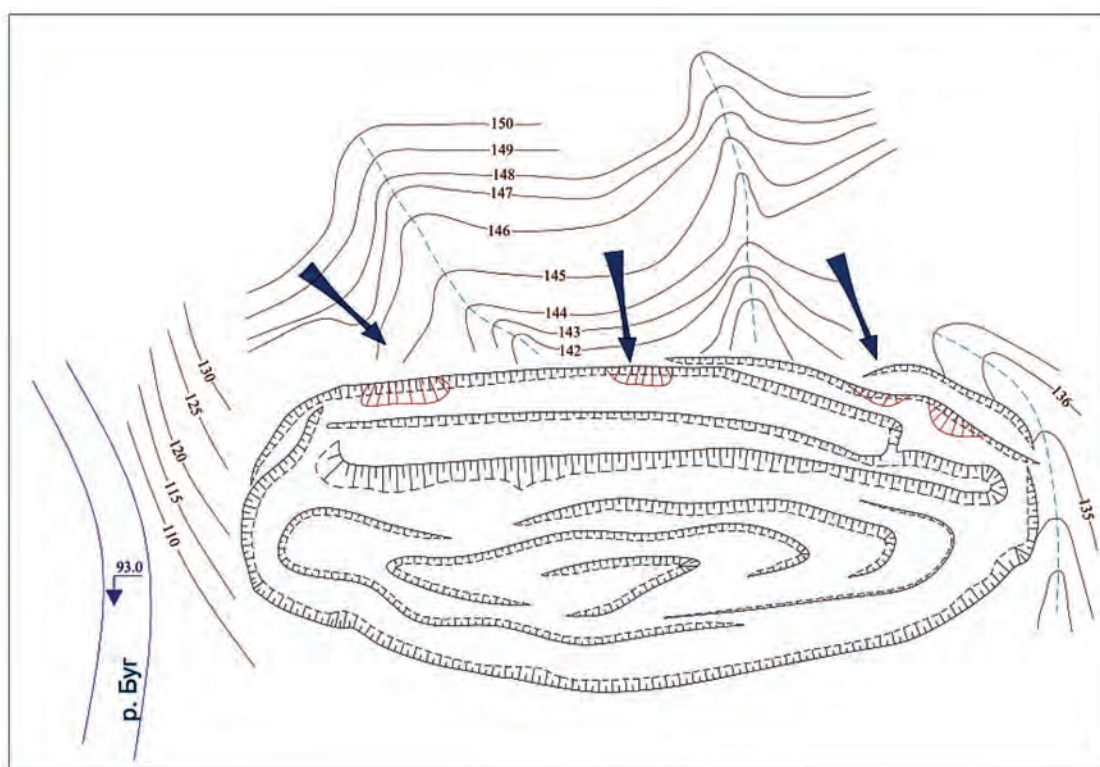


Рис. 4. Карьер Завальевского графитового комбината. Движение подземных и поверхностных вод по тальвегам балок. Участки и направления оползневых процессов

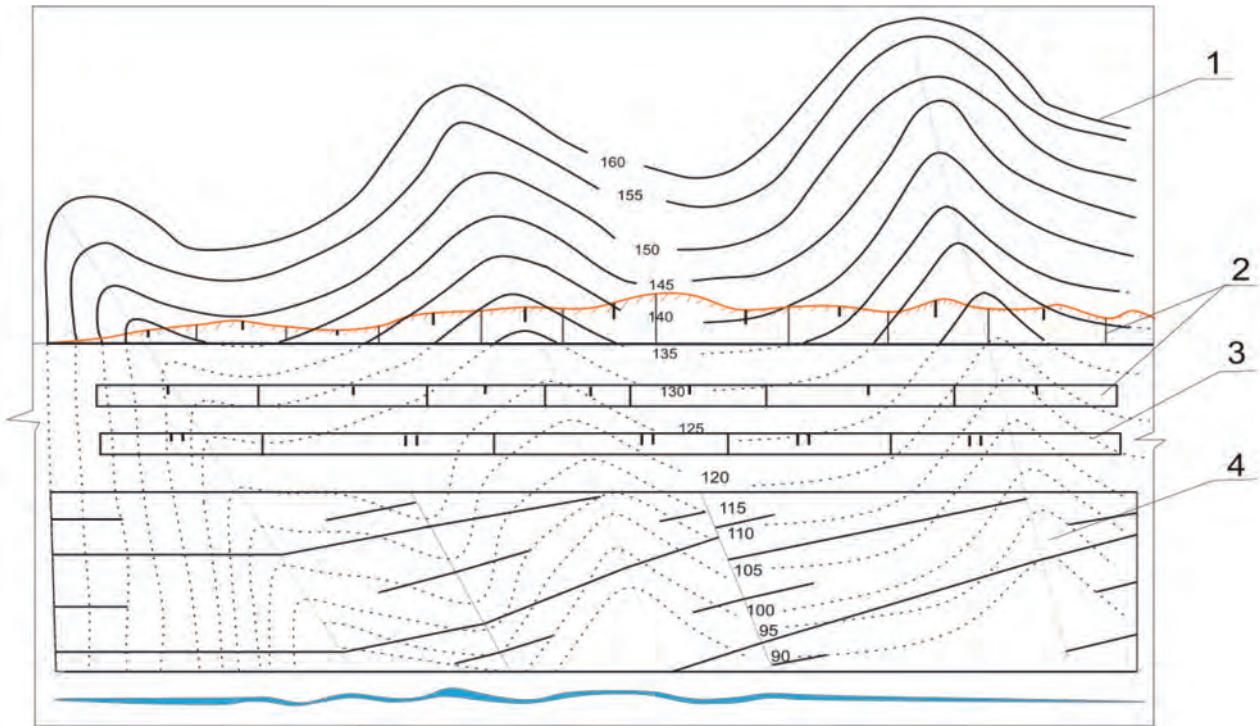


Рис. 5. Формирование рельефа, близкого к естественному:

1 – существующий рельеф; 2, 3 – вскрышные уступы; 4 – отвал вскрышных пород с формированием рельефа, близкого к природному

при этом не предусматривает восстановления поверхностных стоков для накопления атмосферных осадков, как показано в трудах Ложникова и Черепа. Для разработки технологии можно основываться на работе послойной горнотехнической рекультивации, предложенной М. С. Четвериком и Е. А. Ворон (рис. 6).

Сущность данной технологии послойной горнотехнической и биологической рекультивации заключается в создании капиллярной системы в слоях потенциально плодородных пород корневой системой растений. Это позволяет восстановить свойства природной почвы.

Однако данная технология не предусматривает:

1) питания водоносных горизонтов поверхностных рек;

2) восстановления поверхностных стоков для скопления атмосферных осадков с целью питания рек.

Поэтому, согласно определению рационального направления перемещения фронта горных работ на карьерах предлагается использовать следующую схему (рис. 6) послойной горнотехнической и биологической рекультивации с целью воссоздания природного ландшафта и обеспечения водообменных процессов.

Сущность предложенной технологической схемы послойной горнотехнической и биологической рекультивации участка карьера за-

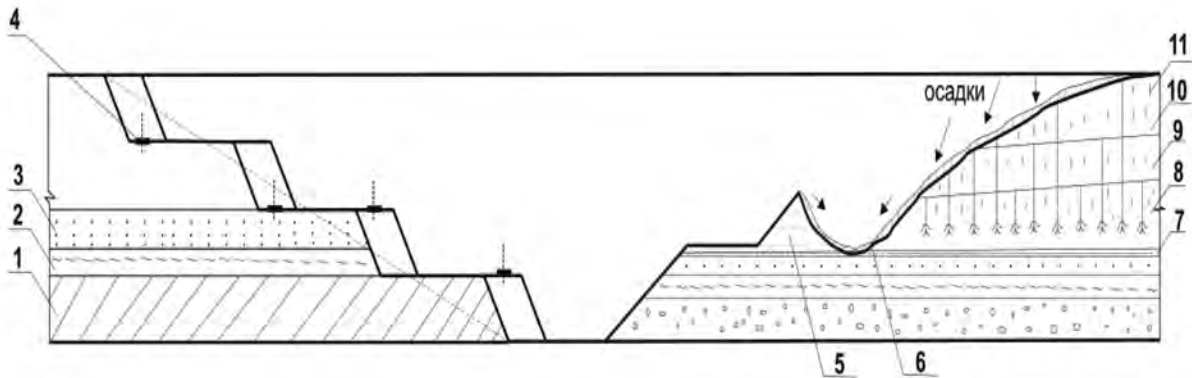


Рис. 6. Схема формирования отвала с послойной горнотехнической и биологической рекультивацией:

1 – полезное ископаемое; 2 – водоупорная глина; 3 – песок; 4 – экскаватор гидравлический; 5 – техногенный массив соединения с природной средой; 6 – область формирования техногенной балки; 7 – водоносный горизонт; 8, 9, 10 – соответственно первый, второй, третий слои посадки растений; 11 – капиллярная вода

ключается в следующем: в процессе отработки горизонтов формируется внутренний отвал с горизонтальными слоями пород для создания капиллярной системы. После завершения планировки поверхности рекультивируемого участка производится формирование техногенной балки как искусственного сооружения, которое позволит восстановить рельеф и водообменные процессы в нарушенной природной среде. После чего для создания структуры почв производится посадка злаково-бобовых культур в слоях потенциально-плодородных пород при наклонном формировании слоев с целью питания водоносных горизонтов поверхностных рек и восстановления поверхностных стоков для скопления атмосферных осадков с целью питания рек.

В данном случае сформированная техногенная балка выполняет роль отвала, и затраты на рекультивацию отдельно не выделяются, поскольку они входят в себестоимость вскрышных работ и отвалообразования. Однако в зависимости от направления фронта горных работ данная схема может изменяться.

Выводы. Приведенная технология отработки месторождений и формирование внутреннего отвала путем восстановления ландшафта, подобного природному, позволит восстановить водообменные процессы в нарушенной геологической среде и передать земли для использования в сельском хозяйстве.

Библиографический список / References

1. Славиковский О. В. Горнотехническая рекультивация недр – направление обеспечения техногенной безопасности горнодобывающих регионов / О. В. Славиковский, Ю. О. Славиковская // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2012. – № 6. – С. 34–39.

Slavikovskiy, O. V. and Slavikovskaia, Yu. O. (2012), "Mining and technical bowel reclamation – securing technogenic safety of mining regions", *Izvestiya vysshykh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal*, no. 6, pp. 34-39.

2. Месяц С.П. Современный взгляд на рекультивацию породных отвалов горнодобывающей отрасли / С. П. Месяц, Е. Ю. Волкова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – СВ 56. Глубокие карьеры. – 2015. – С. 467–478.

Mesiats, S. P. and Volkova, Ye. Yu. (2015), "Modern view of the waste dump reclamation of the mining industry", *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byuliten*, no. 56, pp. 467-478.

3. Ащеулова О. В. Рекультивация земель при відкритій розробці родовищ з використанням чорноземів тривалого зберігання / О. В. Ащеулова, О. В. Зберовський // Металлургическая и

горнорудная промышленность. – 2016. – № 2. – С. 92–95.

Ashcheulova, O. V. and Zberovsky, O. V. (2016), "Land reclamation in terms of open-pit mining with the use of black soils of long-term storage", *Metallurgical and mining industry*, no. 2, pp. 92-95.

4. Дриженко А. Ю. Восстановление земель при горных разработках / А. Ю. Дриженко. – М.: Недра, 1985. – 240 с.

Drizhenko, A. Yu. (1985), *Vosstanovlenie zemel pri gornykh razrabotkakh* [Land reclamation in terms of mining]. Nedra, Moscow, USSR.

5. Гайдін А. М. Розробка обводнених родовищ титанових руд.: монографія / А. М. Гайдін, Б. Ю. Собко, О. М. Лазніков. – Д.: Літограф, 2016. – 212 с.

Gaidin, A. M., Sobko, B. Yu. and Laznikov, O. M. (2016), *Rozrobka obvodnennykh rodovysh tytanovykh rud* [Development of watered titanium ore deposits]. Litograph, Dnipro, Ukraine.

6. Четверик М. С. Перспективы использования земельных ресурсов горнорудных предприятий Кривбасса для производства биотоплива / М. С. Четверик, Е. А. Ворон // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2012. – № 3. – С. 71–75.

Chetverik, M. S. and Voron, Ye. A. (2012), "Prospects of using land resources of Krivbass ore mining enterprises to produce biofuel", *Metallurgical and mining industry*, no. 3, pp. 71-75.

7. Гуменник И. Л. Обоснование технологической схемы формирования поверхности отвала, соответствующей требованиям сельскохозяйственной рекультивации / И. Л. Гуменник, А. И. Панасенко, А. В. Ложников // ГИАБ. – 2014. – №7. – С. 38–44.

Gumennik, I. L., Panasenko, A. I. and Lozhnikov, A. V. (2014), "Substantiation of technological scheme to form dump surfaces according to the requirements of agricultural reclamation", *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byuliten*, no. 7, pp. 38-44.

8. Стан гірничих робіт на кар'єрі ВАТ «Заваллівський графітовий комбінат» / М. С. Четверик, В. І. Симоненко, Г. Д. Пчолкін [та ін.] // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2009». – Д.: НГУ, 2009. – С. 155–163.

Chetverik, M. S., Symonenko, V. I., Pchiolkin, G. D., Cherniaiev, O. V., Grytsenko, L. S. Misiutynsky, V. V. and Misiutynsky, A. V. (2009), "State of mining operations in terms of the open-pit of "Zavalivskiy graphitovyi kombinat" open joint-stock society", *Materialy mizhnarodnoi konferentsii "Forum girnykiv"* [Materials of the International Conference "Forum of Miners"], Dnipropetrovsk, Ukraine, pp. 155-163.

9. Шадрина А. В. Виды ландшафтной структуры и возможные способы ее организации / А. В. Шадрина, А. А. Колокольникова // Молодежный научный форум: Технические и математические науки. – Москва: Изд. «МЦНО». – 2013. – № 5. – С. 5-9.

Shadrina, A. V. and Kolokolnikov, A. A. (2013), "Types of landscape structure and possible ways of its organization", *Molodezhnyu naychnyu forum. Tekhnicheskie I matematicheskie nauki*. Moscow, MTsNO Publishing House, no. 5, pp. 5-9.

Purpose. To substantiate the restoration of the landscape and water exchange processes within the disturbed geological environment in the process of mine dump formation and reclamation in terms of open-pit horizontal and flat-dipping deposits. Reclamation of lands suitable for agricultural use.

Methodology. Establishing of the interrelation between the directions of open-pit mining operation front and flow of surface and ground water in the thalwegs of ravines; their effect upon the efficiency of technological processes of open-pit mining.

Findings. Expedient direction of mining operation front displacement that makes it possible to restore

surface relief to be close to the natural one has been determined on the basis of the interrelation between the direction of mining operation front displacement relative to the flow of surface and ground water in the thalwegs of ravines.

Originality. Restoration of landscape and water exchange processes within the disturbed geological environment in the process of mine dump formation and reclamation in terms of open-pit mining of horizontal and flat-dipping deposits has been substantiated for the first time. Restoration of lands suitable for agricultural use by means of layer-by-layer mining and biological reclamation.

Practical value. Restoration of landscape and water exchange processes within the disturbed geological environment. Restoration of lands suitable for agricultural use.

Key words: open-pit mining, landscape, water exchange processes within geological environment, mine dump formation, reclamation.

**Рекомендована к публикации
д. т. н. М. С. Четвериком**

Поступила 30.05.2017

Metallurgical and Mining Industry

www.metaljournal.com.ua
