

**Є.В. ТЕРЕХОВ\****(Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна)***Т.М. МОРМУЛЬ\*\****(Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна)*

## Оцінювання рішень щодо планування технологічних об'єктів відкритої гірничої розробки за критеріями землезбереження

Висока продуктивність кар'єрів є основним мотивом для прийняття рішення про доцільність їх подальшого технологічного розвитку. Однак, при цьому менеджментом гірничовидобувних компаній недостатньо враховуються збитки, що завдаються земельним ділянкам в процесі видобутку корисних копалин. Стаття присвячена обґрунтуванню методичного підходу до оцінки рівня відчуження та порушення земель для планування об'єктів відкритих гірничих робіт. Доведена необхідність врахування критеріїв збереження земель в процесі планування технологічних об'єктів відкритої гірничої розробки. Здійснено аналіз факторів, що призводять до порушення земель при проведенні відкритих гірничих робіт. Встановлено, що масштаб порушення земель при видобутку корисних копалин залежить передусім від прийнятої системи розробки кар'єрного поля та способу проведення розкривних робіт. Запропоновані критерії, що визначають доцільність додаткового залучення земель під розробку родовища з точки зору важливості їх збереження. Встановлено, що в умовах подальшого виснаження родовища корисних копалин вимоги збереження земель повинні все більше впливати на планування об'єктів гірничої розробки, адже оцінені у грошовому виразі втрати земель суттєво знижуюватимуть ефективність гірничої розробки.

**Ключові слова:** відкриті гірничі розробки, критерії землезбереження, технологічні об'єкти відкритої гірничої розробки, втрати земель, ефективність видобутку корисних копалин.

**E.W. TEREKHOV***(Staatliche Höhere Bildungsanstalt «Nationale Bergbauuniversität», Dnipro, Ukraine)***T.M. MORMUL***(Staatliche Höhere Bildungsanstalt «Nationale Bergbauuniversität», Dnipro, Ukraine)*

## Bodenbezogene Einschätzung der Entscheidungen über die Planung von Technologischen Objekten des Tagebaus

Im Aufsatz wurde die Notwendigkeit der Einbeziehung der Kriterien der Bodenerhaltung für die Planung von technologischen Objekten des Tagebaus begründet. Die Analyse der Faktoren der Bodenerstörung in den Tagebauen wurde durchgeführt. Es wurde festgestellt, dass der Umfang der Bodenerstörung bei Gewinnung der Mineralien in den Tagebauen im entscheidenden Maß von aufgenommenem System des Abbaus und der Aufschließungserfahrung des Tagebaufeldes abhängt. Im Laufe der Untersuchung wurden Kriterien vorgeschlagen, die die Zweckmäßigkeit weiterer Bodenanspruchnahme vom Tagebau bei Entwicklung des Abbaus aus Sicht der Wichtigkeit der Bodenerhaltung zu bestimmen ermöglichen. Es wurde festgestellt, dass die Anforderungen an die Bodenerhaltung nach der Erschöpfung des Vorkommens des Bodenschatzes immer mehr die Planung von technologischen Objekten des Tagebaus beeinflussen sollen, denn die im Geldwert ausgedruckten Bodenverluste die Effektivität des Abbaus wesentlich vermindern werden.

\* Терехов Євген Володимирович, доцент кафедри прикладної економіки та підприємництва ДВНЗ «Національний гірничий університет» (м. Дніпро), кандидат економічних наук, доцент.

\*\* Мормуль Тарас Миколайович, доцент кафедри прикладної економіки та підприємництва ДВНЗ «Національний гірничий університет» (м. Дніпро), кандидат технічних наук.

**E.V. TEREKHOV**

*(State Higher Education Institution 'National Mining University', Dnipro, Ukraine)*

**T.N. MORMUL**

*(State Higher Education Institution 'National Mining University', Dnipro, Ukraine)*

## **Estimation of Solutions to Plan Technological Objects of Open-Pit Mining According to Land-Preservation Criteria**

*The high productivity of the quarries is the main motive for making a decision on the feasibility of their further technological development. However, in this case, the management of mining companies does not sufficiently take into account the losses incurred on land plots in the process of extraction of minerals. The article is devoted to the substantiation of the methodical approach to the estimation of the level of alienation and violation of land for the planning of open-pit mining objects. The necessity of taking into account the criteria of preservation of lands in the process of planning of technological objects of open mining is proved. The analysis of factors leading to the violation of land during open-pit mining operations is carried out. It was established that the magnitude of land degradation during extraction of minerals depends, first of all, on the accepted system of development of a quarry field and the method of conducting overlapping works. Proposed criteria that determine the expediency of additional land acquisition for the development of the deposit in terms of the importance of their conservation. It has been established that in conditions of further depletion of mineral deposits, the requirements of land conservation should increasingly influence the planning of mining objects, since the estimated loss in land in terms of money will significantly reduce the efficiency of mining development.*

**Keywords:** *open-pit mining, land-preservation criteria, technological objects of open-pit mining, land losses, efficiency of mining operations.*

**Feststellen des Problems.** Die Technologieentwicklung des Tagebaus ist von vielen Faktoren beeinflusst, die überwiegend das Streben der Bergbauunternehmen nach der Kostenminimierung auf allen Etappen der Erschließung eines Vorkommens widerspiegeln. D.h. wird in den entsprechenden Technologien in erster Linie die Möglichkeit maximaler Fördermenge bei minimalen Ausgaben für die Erschließung einer Lagerstätte beabsichtigt. Die hohe Produktivität des Tagebaus ist Hauptgrund für die Entscheidung über die Zweckmäßigkeit seiner Fortführung. Dabei berücksichtigt man ungenügend den Schaden für die Bodenverhältnisse und im Bodenzustand, der infolge technologischer Entscheidungen über die Errichtung von Objekten der Gewinnung und der Aufbereitung der Mineralien entsteht. Dieser Schaden wird aber als die Hinterlassenschaften des Abbaus formiert und soll nicht getrennt von ökonomischen und politischen Einstellungen zur Förderung von Mineralien betrachtet werden, denn intakte Umwelt in den Bergbauregionen eine Dimension sozialer Verträglichkeit des Bergbauunternehmens ist. D.h. soll wirtschaftlicher Effekt von Gewinnung nutzbarer Mineralien bei seiner Einschätzung auf Verluste des Bodens in den Tagebauen reduziert werden.

Angemessen soll die Planung von technologischen Objekten des Tagebaus auf Kriterien gestützt werden, die das Ausmaß der Erhaltung des Bodens vor Zerstörung bzw. anderer Beeinträchtigung widerspiegeln. Diese

Kriterien sollen auf Grundlage betrieblicher und volkswirtschaftlicher Interessen erfasst werden.

**Analyse der letzten Recherchen, in welchen die Problemlösung angefangen wurde.** Die Wichtigkeit der Bodenerhaltung in den Tagebauen ist in zahlreichen Publikationen des Wissenschaftlers V. Prokopenko [4] betont. Ebenso zeigt Yu. Litvinov [3] auf die Notwendigkeit der Schaffung von günstigen Bedingungen für die Bodenrehabilitierung durch entsprechende technische Maßnahmen auf allen Etappen der Erschließung des Vorkommens. In der Studie [5] wird betont, dass bei der Planung von technologischen Objekten des Tagebaus vor allem die Vermeidung der unbegründeten Inanspruchnahme des Bodens für die Entwicklung des Tagebaus angestrebt werden soll. Dies alles bestätigt die Wichtigkeit der Untersuchungen des Problems der Begründung der Kriterien und der Prinzipien der Entwicklung der Technologien für die Gewinnung von nutzbaren Mineralien im Regime der Bodenerhaltung. Im Rahmen dieser Studie sollen die Kriterien erarbeitet werden, die zur bodenerhaltenden Planung von technologischen Objekten des Tagebaus und für Entscheidungstreffen über die Fortführung des Tagebaus angewendet werden können.

**Ziel der Recherche.** Im Laufe der Untersuchung soll methodisches Herangehen an die Einschätzung des Niveaus der Bodeninanspruchnahme und der Bodenzerstörung zu Zwecken der Planung von Objekten des Tagebaus erarbeitet werden.

**Ergebnisse der Untersuchung.** Um ein Grundstück zu den Zwecken der Erschließung eines Vorkommens von nutzbaren Mineralien zu erhalten, soll Bergbaubetrieb den Kontroll- und Genehmigungsbehörden einen detaillierten Plan zum Bodenschutz und Bodenrekultivierung vorlegen. Viel wichtiger ist aber das Vermeiden der Zerstörung der Grundstücke durch rationelle, d.h. auf die Bodenerhaltung ausgerichtete Bodeninanspruchnahme vorzunehmen.

Zum Territorium bergbaulicher Bodenausweisung gehört ein Grundstück an dessen Oberfläche die Grenzen der unter dem Boden lagernden Flöze projiziert sind. Dieses Grundstück wird direkt unter Abbau einbezogen und als Tagebaufeld genannt. In Grenzen des Tagebaufeldes wird die Bodenschicht total ruiniert, denn die Tagebaumaschinen den Bodenschätz nur nach dem Abtragen des Bodens gewinnen können. Das Territorium der Bodeninanspruchnahme beinhaltet aber außer dem Tagebaufeld noch andere Objekte, die den ganzen Zyklus des Ablaufes des Tagebaubetriebes gewährleisten. In jedem Fall, unabhängig davon welches technologische Objekt des Tagebaus sich auf dem Boden befindet wird, wird das wegen des Tagebaus ausgewiesene Grundstück in seinen Eigenschaften negativ beeinflusst. Nach dem Tagebau weisen die Grundstücke in der Regel schlechtere Bodenpunktzahlen als vor ihrer Inanspruchnahme und sind entsprechend dem Ruinierungsmaßstab begrenzt nutzbar [2].

Laut der Quelle [5, s. 72] ist ein aktiver Tagebau in solche Objekte unterteilt: Innenkippen, Außenkippen, Speicher von Aufbereitungsabgängen, Flächen unter Tagebauförderung, Bepflanzungsflächen, abgearbeiteter Raum, Flächen der Hauptausfahrt und der Abraumausfahrt, Oberflächen von Strossen der

Außenkippen. Das aufgenommene System des Abbaus bedingt die Möglichkeit einigermaßen das Verhältnis zwischen genannten Objekten zu wechseln, was den Bodenschaden beeinflussen kann. Hauptweise gelten jene Systeme des Abbaus als bodenschonend, die die Verbreitung der Flächen aktiver Landschaftsumgestaltung verhindern. So, können die Fläche von Außenkippen, für derer Verbreitung zusätzliche Bodenflächen beansprucht werden sollen, durch innere Verkippung reduziert sein. Ebenso kann die Form der Abraumausfahrt verschiedenen Umfang der Inanspruchnahme der Böden bedingen.

Zu den über dem Tagebaufeld liegenden Flächen gehören Innenkippen, abgearbeiteter Raum und teilweise Flächen unter Tagebauförderung. Die Dimension dieser Flächen ist durch die Parameter der Flöze des Minerals, die in der Kondition sind, bestimmt. Die Zerstörung des Bodens in der Projektion des Tagebaufeldes an die Erdoberfläche ist unvermeidbar, aber die prozentuelle Struktur dieser Flächen kann abhängig von angewandeter Technologie der Aufschließung des Vorkommens und vom System des Abbaus wechselhaft sein. So, zeigt Abb. 1 die verbreiteten Formen des Tagebaufeldes, die nach dem aufgenommenen System des Abbaus verschieden sind.

Prinzipiell sind jene Formen des Tagebaufeldes bodenschonend, die am genauesten die Form der Flöze widerspiegeln. Aber je gekrümmter die Form des Tagebaufeldes wird, desto schwerer wird effektiver Einsatz von Tagebautechnik erreicht sein. Um die Abbaukosten zu senken, bevorzugen die Bergbaubetriebe die geradlinigen Formen des Tagebaufeldes zu formieren. Die Flöze der Mineralien haben in der Regel gekrümmte Form, an derer Rändern der Bodenschatz wesentlich erschöpft sein kann.

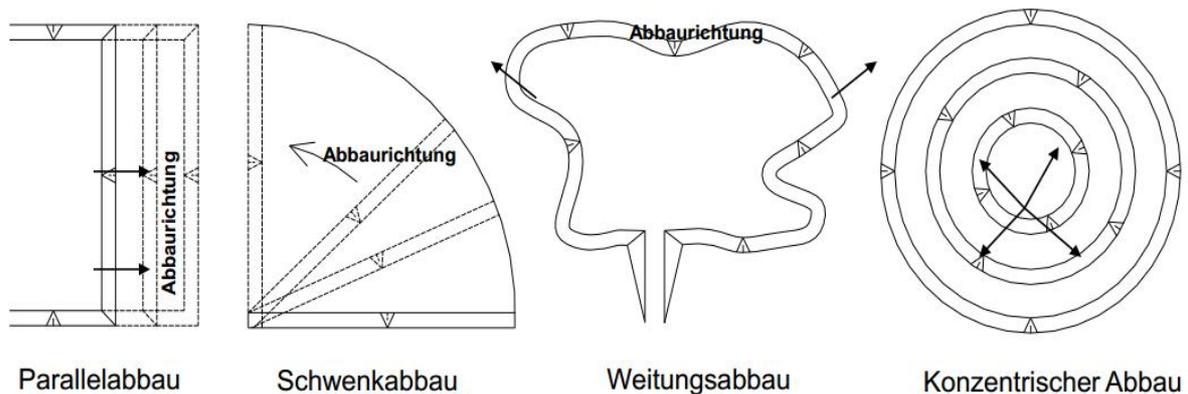


Abb. 1. Formen des Tagefeldes nach dem System des Abbaus [1, s. 11]

Ausgehend von oben genanntem, kann man schlussfolgern, dass die Form des Tagebaufeldes und Dimension der Bodeninanspruchnahme durch nächste Faktoren bedingt wird: 1. Die Form des Flözes von nutzbaren Mineralien; 2. System des Abbaus von nutzbaren Mineralien; 3. Technologie der Aufschließung des Vorkommens.

Die Form des Flözes kann nicht verwaltet werden, dagegen können das System des Abbaus und die Technologie der Aufschließung des Vorkommens zielgerichtet ausgewählt werden, je nachdem, was als obere Priorität der Tagebauentwicklung bestimmt wird. Gerade die letzten zwei Faktoren bedingen die Struktur technologischer Objekte des Tagebaus und entsprechend das Niveau der Bodenbelastung.

Die Bedingungen der tagesbaulichen Bodennutzung unter technologischen Objekten (Ausfährte, Gruben, Kippen, Transportwege, Bebauungsflächen, Speicher von Abgängen u.a.) sollen den maximalen Koeffizient der Bodenrekultivierung  $K_r$ , minimales spezifisches Gewicht des Bodens je Tonne gewonnenen Minerals und entsprechend minimale Bodenverluste sichern. Die Bodenverluste können nach nächstem Ausdruck berechnet werden, falls die vortagebauliche Nutzungsrichtung eines in Anspruch genommenen Grundstücks erhalten wird:

$$Bv = (1 - K_r \times \frac{Bpz_r}{Bpz_i}) * 100 \% ,$$

wo  $K_r$  - Koeffizient der Bodenrekultivierung (Verhältnis der Fläche des in Anspruch genommenen Bodens zur Fläche rekultivierten Bodens);  $Bpz_r$ ,  $Bpz_i$  - entsprechend die Bodenpunktzahlen rekultivierter und in Anspruch genommener Böden.

Verschiedene Varianten des System des Abbaus von Vorkommen nutzbarer Mineralien sollen nach dem Umfang der Bodenverluste geprüft und jene von ihnen zum Einsatz genommen werden, die die Bodenerhaltung auf dem Niveau ermöglicht, das von allen Interessanten an der nachtagebaulichen Bodennutzung akzeptiert wird. Es ist wichtig um die möglichen Nutzungskonflikte in der post-mining Stadium zu vermeiden.

Aus Sichtpunkt des Vermeidens der Bodenzerstörung durch Errichtung von technologischen Objekten des Tagebaus soll der Wert des Bodens  $Bw$  berechnet werden, der dank bodenschonender Planung des Tagebaus erhalten wird:

$$Bw = (Q_i - Q_a) \times \frac{Bpz_{er}}{Bpz_{in}} \times Pb ,$$

wo  $Q_i, Q_a$  - entsprechend Fläche der vom Tagebau in Anspruch genommenen Böden und Fläche der Böden, die aktive Zerstörung (totale Ruinierung) im Tagebau erlitten;  $Bpz_{er}, Bpz_{in}$  - entsprechend die Bodenpunktzahlen der erhaltenen und der insgesamt in Anspruch genommenen Böden;  $Pb$  - normativer Preis des in Anspruch genommenen Bodens.

Dabei soll betont werden, dass der Bodenerhaltung vor Zerstörung die oberste Priorität in der Planung von technologischen Objekten des Tagebaus ausgewiesen werden soll, denn die Ausgaben für die Bodenrekultivierung viel höher als der normative Preis rekultivierten Grundstücks sind, was in Abb.2 auf dem Beispiel der Bodenrekultivierung im Ordjonikidsker Bergbaukombinat (Ukraine) im Jahre 2012 dargestellt ist.

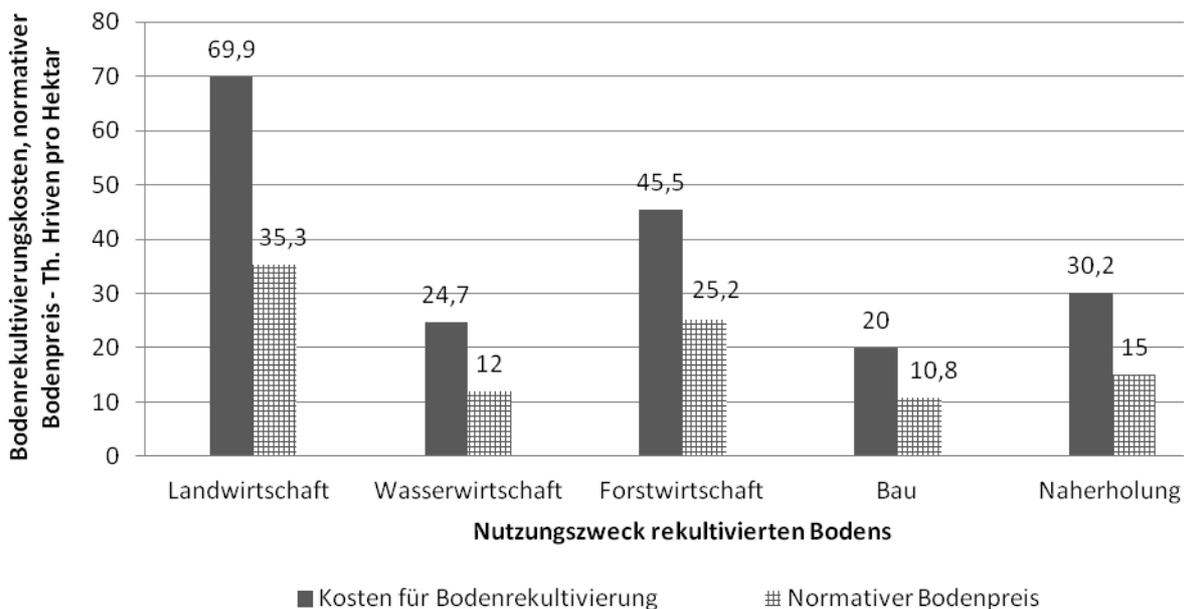


Abb. 2. Kosten für die Bodenrekultivierung und normativer Bodenpreis

Bei der Bewertung von Technologien der Erschließung der Lagerstätten aus Prinzipien nachhaltiger Entwicklung postindustrieller Landschaften soll der Bodengehalt jeweiliger Technologie berücksichtigt sein, d.h. soll der Umfang zerstörter Böden der gewonnenen Menge nutzbarer Mineralien gegenübergestellt werden. Falls die Fördermenge zu niedrig bei Erschöpfung der Lagerstätte hinsichtlich der zerstörten Grundflächen wird, kann es als Veranlass zur Verkürzung der Fläche der Bodennanspruchnahme sein.

Die Planung von Objekten des Tagebaus soll nach der Verminderung der Fläche der Bodennanspruchnahme gestrebt werden. Dabei soll höchstmögliche Fördermenge aus Flächeneinheit des zerstörten Bodens erreicht werden.

Diese Bedingung kann durch die Kennziffer des Ausstoßes des gewonnenen Minerals aus einer Grundfläche  $A_{(FM)}$  ausgedrückt sein:

$$A_{(FM)} = \frac{Q_{FM}}{S_B} ,$$

wo  $Q_{FM}$  - Umfang des gewonnenen Minerals aus zerstörtem Grundstück (Tonnen);  $S_B$  - Fläche des zerstörten Grundstücks ( $m^2$ ).

Nach dem Fortschreiten des Tagebaus wird Kennziffer  $A_{(FM)}$  allmählich absinken, denn dabei die weiteren Flächen unter Abbau einbezogen werden, unter denen die Konzentration des Minerals immer weniger wird.

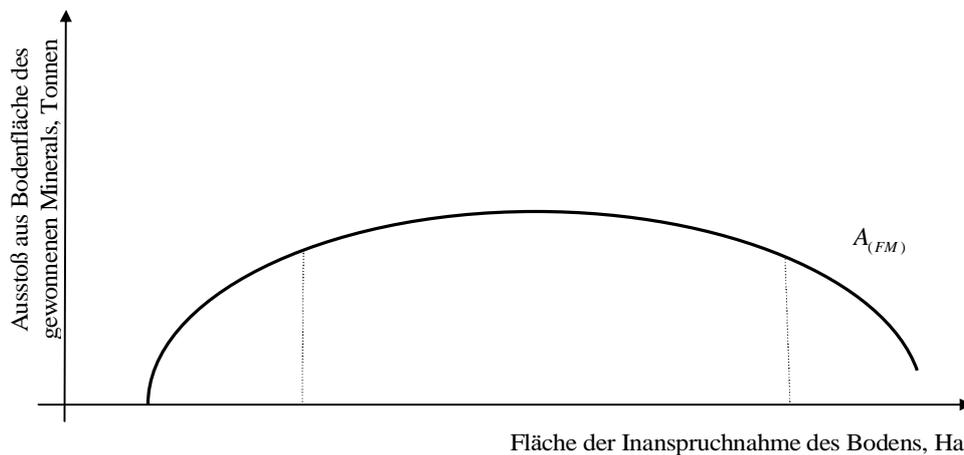


Abb. 3. Abhängigkeit des Ausstoßes des gewonnenen Minerals pro Flächeneinheit des Bodens von Fläche der Bodenanspruchnahme

Das Territorium der Inanspruchnahme des Bodens vom Tagebau besteht hauptweise aus dem Territorium des Tagebaufeldes und dem Territorium anderer technologischer Objekte des Tagebaus. Für die Verbesserung des Ausstoßes der Fördermenge aus Einheit der zerstörten Grundflächen soll spezifisches Gewicht anderer Objekte hinsichtlich der Fläche der Inanspruchnahme des Bodens minimisiert werden. Insgesamt sollen technologische Entscheidungen darauf gerichtet werden, dass die Ausbreitung des Tagebaus nach außen begrenzen sein soll. Es erfordert solche Planung von Objekten des Tagebaus, die ihre maximale Dichte auf Einheit der Grundflächen aufweisen.

**Zum Schluß.** Die Kriterien der Tagebauentwicklung, die auf die Effektivität der Gewinnung von Mineralien gegründet sind, sollen durch die Kriterien der Bodenerhaltung ergänzt werden, falls der Bergbaubetrieb sich als sozialverträglicher Akteur positionieren will. Daher soll bei der Planung der Technologieentwicklung im Tagebau die Zweckmäßigkeit technologischer Entscheidungen über die Maßstäbe der Inanspruchnahme des Bodens für die Entwicklung der Abbauarbeiten aus Sicht der Bodenerhaltung bestimmt werden. Das System des Abbaus und die Erfahrung der Aufschließung des Tagebaufeldes sollen nach dem Prinzip der Minimierung der Bodenverluste bei Gewinnung des Bodenschatzes in günstiger Konzentration festgestellt sein. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden Kennziffer der Bodenverluste, des erhaltenen Bodenwertes und des Ausstoßes des gewonnenen Minerals aus einer Grundfläche vorgeschlagen, die für die Planung des Tagebaus im Regime der Bodenerhaltung angewendet werden können.

#### 4 Список використаних джерел

1. Drebenstedt, C. Bedeutung des Kippenmodells für geomechanische Prognosen – Einfluss der Tagebautechnologie / Geotechnisches Symposium Standsicherheit von Kippen des Braunkohlenbergbaus – Technische Universität Bergakademie Freiberg, 22. März 2013. – 62 S.

2. Mit Baumhäusern gegen Bagger. Geschichten vom Widerstand im rheinischen Braunkohlerevier 2015.

3. Mormul, T. M. Environmental and economic estimation of technological solutions in terms of land resource conservation in the process of open-cast mining / T. M. Mormul, Ye. V. Terekhov // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2017. – № 3. – С. 122-128.

4. Прокопенко, В. І. Про критерії оцінювання ефективності збереження земельних ресурсів при відкритій розробці родовища / В. І. Прокопенко // Науковий журнал «Економічний вісник Національного гірничого університету». – 2015. – № 2. – С. 183-189.

5. Прокопенко, В. І. Технологія і економіка гірничого землекористування / В. І. Прокопенко, В. І. Фененко, О. О. Кириченко. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2006. – 270 с.

#### 4 References

1. Drebenstedt, C. (22 März 2013). Bedeutung des Kippenmodells für geomechanische Prognosen – Einfluss der Tagebautechnologie. *Geotechnisches Symposium Standsicherheit von Kippen des Braunkohlenbergbaus*. Freiberg: Technische Universität Bergakademie Freiberg.

2. Mit Baumhäusern gegen Bagger. Geschichten vom Widerstand im rheinischen Braunkohlerevier. (1 August 2015). Packpapier.

3. Mormul, T. M. & Terekhov, Ye. V. (2017). Environmental and economic estimation of technological solutions in terms of land resource conservation in the process of open-cast mining. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, (3), 122-128.

4. Prokopenko, V. I. (2015). Pro kryterii otsiniuvannia efektyvnosti zberezhennia zemelnykh resursiv pry vidkrytii rozrobttsi rodovyshcha [About criteria of an estimation of efficiency of preservation of ground resources at open development of a deposit]. *Naukovyi zhurnal «Ekonomichnyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu»*, (2), 183-189.

5. Prokopenko, V. I., Fenenko, V. I., Kyrychenko, O. O. (2006). *Tekhnolohiia i ekonomika hirnychoho zemlekorystuvannia [Technology and economy of mountainous land use]*. Dnipropetrovsk: Nauka i osvita.