

УДК: 622.271.46:556.3

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ СОЛЕОТВАЛОВ КАК СПОСОБ ЗАЩИТЫ ПРИРОДНЫХ ВОД ОТ ЗАСОЛЕНИЯ



В. П. КОПШТАЛЕВ,
заведующий лабораторией,
kopshtalev@gidrogy.spb.ru



В. В. СЛАНЕВСКИЙ,
старший научный
сотрудник,
канд. техн. наук



А. А. ДЕХТЯРЕВ,
научный сотрудник

АО «ВНИИ Галургии», Санкт-Петербург, Россия

Введение

Производство калийных удобрений связано с накоплением большого количества солеотходов, образующихся в процессе извлечения хлористого калия из силвинитовой руды. Отходы образуются как в твердом (галитовые отходы), так и в жидком (глинисто-солевые шламы) виде, при этом твердые солеотходы составляют основную массу отходов на калийных предприятиях. По химическому составу они на 80–85 % состоят из хлористого натрия. Оставшаяся часть содержит в небольших количествах хлористый калий (потери при обогащении руды), хлористый магний, хлористый кальций, сернокислый кальций и нерастворимый (глинистый) осадок — до 5 %. На каждую тонну полезного продукта (КСИ) приходится 3–4 т твердых солеотходов.

После переработки руды большую часть галитовых отходов складывают на земной поверхности, образуя значительные накопления в виде солеотвалов. Под влиянием атмосферных осадков солеотвалы растворяются, что приводит к образованию большого количества вторичных (избыточных) рассолов, которые оказывают негативное влияние на природные воды в районе размещения солеотвалов.

В настоящее время в связи с возрастающим количеством солей, поступающих в отвалы, и повышением требований к охране природных вод проблема их защиты от засоления является весьма актуальной.

Обзор способов рекультивации солеотвалов

Одним из способов защиты природных вод от засоления отходами калийных предприятий является рекультивация солеотвалов [1–4].

Разработаны способы рекультивации откосов солеотвалов путем создания на их поверхности замкнутых микробассейнов выщелачивания или путем установки на откосах контрбарьеров. Внедрение разработанной технологии позволит сократить количество рассолов, образующихся на поверхности солеотвалов под влиянием атмосферных осадков (примерно на 6,8 тыс. м³ с 1 га в год), и тем самым улучшить экологическую ситуацию в районах складирования галитовых отходов.

Ключевые слова: солеотвалы, рекультивация солеотвалов, озеленение солеотвалов, калийные предприятия, охрана природных вод от засоления, консервация солеотвалов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.04.19>

Рекультивацию солеотвалов проводят в два этапа — технический и биологический. В зависимости от дальнейшего использования восстанавливаемых площадей различают несколько направлений рекультивации: сельскохозяйственное, лесохозяйственное водо- и рыбохозяйственное, санитарно-гигиеническое и рекреационное. Для солеотвалов калийных предприятий выбрано санитарно-гигиеническое направление рекультивации, которое характеризуется минимальным объемом земляных работ; при этом успешно решается проблема быстрого противозерозионного закрепления грунтового слоя с помощью растений — многолетних зональных луговых трав, по крайней мере на первом этапе биологического их освоения.

К настоящему времени накоплен опыт рекультивации угольных [5, 6], сланцевых и других отвалов, породы которых полностью или частично используют при формировании плодородного слоя. На этих отвалах рекультивационные работы проводят, как правило, по сельскохозяйственному или лесохозяйственному направлению [7, 8]. На техническом этапе их рекультивации осуществляют выполаживание откосов с крутизной до 16–18°, достаточной для механизированного способа выполнения трудоемких процессов по планировке поверхности и нанесению грунтовых слоев, после чего приступают к биологическому этапу.

Особенность рекультивации солеотвалов состоит в том, что слагающие их породы (галитовые отходы) являются водорастворимыми и фитотоксичными. Длительные наблюдения за солеотвалами показали, что естественного зарастания их не происходит, также отсутствует вероятность поселения каких-либо растений в будущем. В связи с фитотоксичностью солеотходов они не могут быть хотя бы частично использованы в качестве субстрата для произрастания растений. Попытки высевания растений в естественный грунт [9] или искусственную грунтовую



«Останец» на опытном участке солеотвала БКПРУ-2

смесь торф + шерстяные нити + солома, имеющие непосредственный контакт с галитовыми отходами, также не дали положительных результатов [10]. Отсюда следует, что между солью и грунтовым слоем необходимо сформировать противодиффузионный экран, который должен полностью исключить миграцию солей в грунтовой слой и проникновение атмосферных осадков в тело солеотвала. В мировой практике нет опыта рекультивации отвалов, представленных главным образом галитовыми отходами.

Рекультивация откосов солеотвалов [11] является наиболее сложным этапом рекультивационных работ. Выполяживание откосов, с которого обычно начинается рекультивация угольных, железорудных и других отвалов, для солеотвалов проводить нежелательно, так как это требует дополнительного отвода земель и экранирования новых площадей. Кроме того, выполяживание откосов осложняется тем, что в результате слеживаемости и перекристаллизации солей происходит уплотнение галитовых отходов до механической прочности, характерной для скальных пород [12]. Поэтому рекультивацию откосов солеотвалов целесообразно выполнять при их естественном угле откосов $\sim 35^\circ$, т. е. без выполяживания [13].

В настоящее время с появлением новых гидроизоляционных материалов отечественного производства (битумных и битумно-полимерных эмульсий, синтетических латексов и жидких резин), которые могут быть использованы при рекультивации [14] солеотвалов, эффективность рекультивационных работ значительно повысилась. Отличительной особенностью этих материалов является холодный способ их применения, они не содержат органических растворителей (кроме воды), и поэтому находят широкое применение в строительстве при выполнении различных гидроизоляционных работ.

В лаборатории охраны природных вод АО «ВНИИ Галургии» в течение ряда лет отработывали различные способы (варианты) рекультивации откосов солеотвалов. Некоторые из них представлены ниже.

Первый способ [15] предусматривает устройство на откосах солеотвалов замкнутых микробассейнов выщелачивания с целью предотвращения оползания грунта с откосов и создания благоприятных условий для питания и развития растений.

Способ реализуется следующим образом. На поверхности откосов солеотвалов в продольном и поперечном направлениях укрепляют полотна гидроизоляционного материала, например полиэтиленовых листов с анкерными ребрами. На откосах [16–19] солеотвалов полотна укладывают ребрами вниз, а на дне и откосах сформированных микробассейнов — ребрами вверх. Крепление полотен к откосам осуществляют магниевым вяжущим.

За пределами изолированных участков, между уложенными полотнами, формируют замкнутые микробассейны путем растворения галитовых отходов атмосферными осадками в течение 1–2 лет, после чего выполняют гидроизоляцию дна и откосов сформированных микробассейнов полиэтиленовыми полотнами с анкерными ребрами. В полученные емкости укладывают потенциально плодородный и плодородный грунтовые слои, вносят удобрения и осуществляют посев многолетних зональных луговых трав.

Второй способ [19] предусматривает установку на откосах солеотвалов контрбарьеров с целью повышения производительности работ и снижения их стоимости.

Способ реализуют следующим образом. На подготовленную поверхность солеотвалов укладывают тканые геотекстильные полотна (геоспан ТН-33 или стеклоткань марки ЭЗ-200), пропитанные битумно-латексной эмульсией (жидкой резиной).

Пропитку, укладку и соединение полотен между собой осуществляют одновременно с помощью специального устройства. После полного высыхания эмульсии (примерно через сутки) устанавливают контрбарьеры, ориентируя их в горизонтальном направлении поперек откосов, которые располагают на откосах с шагом 5–10 м в зависимости от их крутизны. Затем укладывают геомембрану (полиэтиленовые полотна производства российской компании «Уралгеосистемы») LDPE толщиной 1,5 мм. На сформированный экран выполняют отсыпку потенциально плодородного (0,3 м) и плодородного (0,1 м) грунтовых слоев.

На откосах с крутизной до 14° контрбарьеры не устанавливают. На откосах с крутизной от 14 до 30° шаг установки контрбарьеров составляет 10 м [20]; при крутизне откосов от 30 до 40° — 5 м. На откосах солеотвалов с крутизной более 40° формируют сплошное гидроизоляционное покрытие из жидкой резины толщиной 2,5–3 мм методом безвоздушного напыления. Покрытие формируют из двух слоев при общей их толщине 2,5–3 мм. Между двумя слоями жидкой резины укладывают армирующий элемент — тканый геотекстиль (стеклоткань марки ЭЗ-200 или геоспан ТН-33) [21].

В качестве плодородного грунта могут быть использованы также гранулы, приготовленные из глинисто-солевых шламов — отходов переработки калий-магневых руд, прошедших грануляцию и термическую обработку гранул (до спекания) при температуре 950°C . Оптимальная толщина отсыпаемого слоя гранул — 10 см [22].

Экспериментальные работы на солеотвале БКПРУ-2 ПАО «Уралкалий»

В июле 1989 г. на солеотвале БКПРУ-2 был заложен опытный (рекультивационный) участок, расположенный вблизи 43-го перегрузочного узла на отм. 266 м. Опытный участок состоял из горизонтальной и наклонной (~35°) поверхностей одинаковой площади. Первую часть работ, связанную с консервацией опытного участка, выполняли следующим образом.

На подготовленную поверхность солеотвалов укладывали полотно стеклоткани марки ЭЗ-150, предварительно пропитанные нефтяным битумом марки БН-90/10 с расходом битума 0,8–1 кг/м². Пропитку стеклоткани осуществляли в пропиточной ванне при температуре 120–140 °С. Сразу после пропитки полотно стеклоткани укладывали непосредственно на подготовленную поверхность солеотвалов с перекрытием швов не менее 20 см. Соединение полотен между собой осуществляли под воздействием гравитационных сил в процессе охлаждения битума. На пропитанную битумом стеклоткань укладывали полотно черной полиэтиленовой пленки марки «В» толщиной 0,2 мм.

Таким образом, на опытном участке был сформирован противофильтрационный экран, включающий пропитанную горячим битумом стеклоткань и стабилизированную полиэтиленовую пленку толщиной 0,2 мм. На сформированный экран был уложен потенциально плодородный слой грунта толщиной 0,5 м. После планировки грунтового слоя выполнен посев лугового разнотравья с внесением минеральных удобрений. В течение первого вегетационного периода на опытном участке проводили визуальные наблюдения за его общим состоянием, включая оценку целостности

противофильтрационного экрана, а также скорости образования дернового покрова.

К 2010 г. на опытном участке сформировался «останец» высотой 2,5 м (см. **рисунок**), который сохранился до настоящего времени (август 2015 г.). При среднем количестве осадков за этот период 603,7 мм средняя скорость растворения солеотвала составила 12,5 см/год; при этом ежегодно образовывалось 6,8 тыс. м³ рассолов с минерализацией 360 г/л. Сравнительный анализ значений объемов выпавших осадков и образовавшихся рассолов выщелачивания (их практическое равенство) показывает, что опытная рекультивация дала положительный результат, близкий к 100 %.

Заключение

Результаты наблюдений за состоянием опытного рекультивированного участка, а также за процессами растворения и уплотнения галитовых отходов являются исходным материалом для составления рекомендаций по рекультивации солеотвалов.

Для повышения производительности работ на пологих откосах и плоской вершине солеотвалов разработано устройство по одновременной пропитке, укладке и выполнению стыковых соединений геотекстильных полотен. На крутых (более 40°) откосах солеотвалов формируют сплошное гидроизоляционное покрытие из битумно-латексной эмульсии (жидкой резины) толщиной 2,5–3 мм. После формирования гидроизоляционных покрытий осуществляют отсыпку грунтовых слоев из потенциально плодородного грунта толщиной 30 см и плодородного грунта толщиной 10 см. Разработанная технология защищена патентами [13, 15].


Библиографический список

1. Лю Ю. Моделирование влияния солеотвалов калийных комбинатов на фильтрационные свойства водовмещающих пород : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. — М., 2012. — 18 с.
2. Пат. 23278 РК. Способ рекультивации промышленных отвалов / Ф. Е. Козыбаева, Г. Б. Бейсеева, Э. А. Мурсалимова и др. ; заявл. 19.05.2009 ; опубл. 15.12.2010, Бюл. № 34.
3. Пат. 2388912 РФ. Способ формирования отвалов для технической рекультивации при открытой разработке карьеров / А. Т. Лавриненко ; заявл. 28.07.2008 ; опубл. 10.05.2010, Бюл. № 13.
4. Будина Т. Ю. Рекультивация земель при различных видах работ // Справочник эколога. 2013. № 3. С. 35–38.
5. Швабенланд И. С., Карлухина И. В. К вопросу о рекультивации отвалов горнодобывающего предприятия «Черногорская угольная компания» // Молодой ученый. 2011. № 11. Т. 1. С. 94–98.
6. Жариков В. П. Рекультивация гидроотвалов вскрышных пород на разрезе Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 1. С. 42–47.
7. Mohammadi K. Land reclamation program biennial 2012–2013. Report Missouri department of natural resources. 25 August 2014. Jefferson City. URL: <http://dnr.mo.gov/pubs/pub2508.pdf> (дата обращения: 18.03.2016).
8. Krautzer B., Graiss W. et al. The influence of recultivation technique and seed mixture on erosion stability after restoration in mountain environment // Natural Hazards. February 2011. Vol. 56. Iss. 2. P. 547–557. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11069-009-9491-z> (дата обращения: 18.03.2016).
9. Пат. 2355887 РФ. Способ ликвидации отвалов на калийных рудниках / Б. А. Крайнев, С. П. Дьяков, А. И. Шумахер ; заявл. 30.08.2007 ; опубл. 20.05.2009, Бюл. № 15.
10. Пожариская Л. П. Ускоренное противозерозионное закрепление почв многолетними травами. — Кишинев, 1969.
11. Рекультивация земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых. — Тарту, АН ЭССР, 1975.
12. Николаева Т. Н. Инженерно-геологическое обоснование рационального размещения отходов калийных предприятий : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. — СПб, 1998.
13. А. с. 1652570 СССР. Способ рекультивации откосов солеотвалов / В. В. Сланевский, В. С. Смирнова ; заявл. 05.06.89 ; опубл. 30.05.91, Бюл. № 20.
14. А. с. 1658853 СССР. Способ защиты солеотвалов калийных предприятий от водной и ветровой эрозии / Ф. Ф. Можейко, М. Л. Шакур, М. Н. Бондарев и др. ; заявл. 03.07.89 ; опубл. 30.06.91, Бюл. № 22.
15. А. с. 1511317 СССР. Устройство для пропитки битумом и укладки рулонных материалов / В. В. Сланевский, А. Ф. Бархатов, А. И. Мясогутов и др. ; заявл. 14.01.88 ; опубл. 30.09.89, Бюл. № 36.
16. Dickmann R. Covering and landscaping of tailings waste heap at the Siegmundshall plant, «K+S», Germany // Kali und Steinsalz. 2002. No. 3. P. 32–41.
17. Recultivated Land / URL: http://corporate.vattenfall.com/globalassets/corporate/about_vattenfall/suppliers/lusatia-recultivation.pdf (дата обращения: 18.03.2016).
18. RWE Power. The post-mining landscape. Recultivation in the Rhineland/ URL: <http://www.rwe.com/web/cms/mediablob/en/352232/data/0/2/dl-en-recultivation.pdf> (дата обращения: 18.03.2016).
19. А. с. 397654 СССР. Способ защиты солеотвалов калийного производства от водной эрозии / Ф. Ф. Можейко, М. Н. Бондарев, Т. Г. Рудаковская и др. ; заявл. 06.01.83 ; опубл. 23.04.84.
20. Liemen F., Bernsdorf S., Meissner R. Recultivation of a potassium mining waste dump with municipal sewage sludge compost / Tran. 19th World Congress of Soil

Science, Soil Solutions for a Changing World, 1–6 August 2010, Brisbane, Australia. URL: <http://www.iuss.org/19th%20WCSS/Symposium/pdf/0623.pdf> (дата обращения: 18.03.2016).

21. Hostert P. et. al. Land abandonment and recultivation in Central and Eastern Europe. Geography Department Humboldt-Universität zu Berlin. NASA LCLUC Program, Tran. Int. Regional Science Meeting, Sopron, Oct. 2014. URL: <http://>

lcluc.umd.edu/Documents/ScienceTeamMtg/2014_OCT/12_Hostert.pdf (дата обращения: 18.03.2016).

22. Пат. 2273735 РФ. Способ изоляции солеотвалов на калийных рудниках / В. В. Белкин, В. И. Платыгин, Н. В. Кузнецов ; заявл. 23.07.2004 ; опубл. 10.04.2006. Бюл. № 10. 

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2016, № 4, pp. 93–96
DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.04.19>

Reclamation of salt tails piles as a method to protect natural waters from salinization

Information About Authors

V. P. Kopshtalev¹, Head of Laboratory, kopshtalev@gidrogy.spb.ru

V. V. Slanevskiy¹, Senior Researcher, Candidate of Engineering Sciences

A. A. Dekhtyarev¹, Research

¹ VNII Galurgy Stock Co., St. Petersburg, Russia

Abstract

In the course of ore processing there are formed halite waste; the greater part of them is stored on the earth surface making considerable accumulations in the form of salt tails piles. Under the influence

of atmospheric precipitations the salt tails piles are being dissolved, that results in forming large amounts of secondary (excessive) brines which negatively affect the natural waters in the area of locating the salt tails piles.

Nowadays the problem of protecting natural waters from salinization is rather topical because of the growing amount of salts put on the salt piles and more stringent requirements for environment protection.

The paper describes methods for reclamation of salt piles' slopes by making on their surface closed micro-basins for leaching or installing on them counter-barriers. To increase the work efficiency on the gently sloping piles' sides and on the flat top of piles there was developed a device for impregnation, laying up and making butt-connections of geotextile cloth sheets, and all that being done simultaneously.

In 1989 on the salt pile at Berezniiki-2 mine was established an experimental plot for reclamation of a slope of 35° grade. By 2010 at this experimental lot was formed a residual hill of 2.5 meter height. The average amount of atmospheric precipitation for that period was 603.7 mm/year, average rate of salt pile's dissolving was 12.5 cm/year; at that every year there was formed 6.8 thous. m³ of brines with mineralization of 360 g/liter. Comparative analysis of fallen precipitate volumes and brines formed due to leaching (they are practically equal) shows that this experimental reclamation had given a positive result close to 100%.

Keywords: Salt tails piles, salt tails piles' reclamation, planting of greenery on salt piles, potash facilities (operations), protection of natural waters from salinization, mothballing of salt tails piles.

References

- Lu Yu. *Modelirovanie vliyaniya soleotvalov kaliynyykh kombinatov na filtratsionnye svoystva vodovmeshchayushchikh porod: avtoreferat dissertatsii ... kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk* (Modeling the salt piles effect at potassium plants on filtration properties of water-bearing rocks: thesis of inauguration of Dissertation ... of Candidate of Geological-Mineralogical Sciences). Moscow, 2012. 18 p.
- Kozybaeva F. E., Beyseeva G. B., Mursalimova E. A. et al. *Sposob rekultivatsii promyshlennykh otvalov* (Method for reclamation of industrial waste piles) Patent Kazakhstan, No. 23278. Applied: May 19, 2009. Published: December 15, 2010. Bulletin No. 34.
- Lavrinenko A. T. *Sposob formirovaniya otvalov dlya tekhnicheskoy rekultivatsii pri otkrytoy razrabotke karerov* (Method of waste piles forming for the commercial reclamation during the open pit mining). Patent RF, No. 2388912. Applied: July 28, 2008. Published: May 10, 2010. Bulletin No. 13.
- Budina T. U. *Rekultivatsiya zemel pri razlichnykh vidakh rabot* (Land reclamation for different types of work). *Spravochnik ekologiya = Handbook of ecologist*. 2013. No. 3. pp. 35–38.
- Shvabeland I. S., Karpukhina I. V. K voprosu o rekultivatsii otvalov gornodobyvayushchego predpriyatiya "Chernogorskaya ugolnaya kompaniya" (On the question of pile reclamation at the mining enterprise "Montenegrin Coal Company"). *Moloday*

Uchenyy = Young scientist. 2011. No. 11, Vol. 1. pp. 94–98.

- Zharikov V. P. *Rekultivatsiya gidrootvalov vskryshnykh porod na razrezakh Kuzbassa* (Reclamation of hydraulic-mine piles of overburden rocks on Kuzbass open-pit coal mines). *Gornyy Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten = Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2012. No. 1. pp. 42–47.
- Mohammadi K. Land reclamation program biennial 2012–2013. Report Missouri department of natural resources. 25 August 2014. Jefferson City. Available at: <http://dnr.mo.gov/pubs/pub2508.pdf> (accessed: March 18, 2016).
- Krautzer B., Graiss W. et al. The influence of reclamation technique and seed mixture on erosion stability after restoration in mountain environment. *Natural Hazards*. February 2011. Vol. 56, Iss. 2. pp. 547–557. Available at: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11069-009-9491-z> (accessed: March 18, 2016).
- Krainev B. A., Dyakov S. P., Shumakher A. I. *Sposob likvidatsii soleotvalov na kaliynyykh rudnikakh* (Method for salt pile elimination at potassium mines). Patent RF, No. 2355887. Applied: August 30, 2007. Published: May 20, 2009. Bulletin No. 15.
- Pozharisskaya L. P. *Uskorennoe protiverozionnoe zakreplenie pochv mnogoletnimi travami* (Accelerated anti-erosion fixation of soils by perennial grasses). Kishinev, 1969.
- Rekultivatsiya zemel narushennykh pri dobyche poleznykh iskopaemykh* (Reclamation of soils disturbed during mining operations). Tartu : Academy of Sciences in Estonian Republic, 1975. (in Russian)
- Nikolaeva T. N. *Inzhenerno-geologicheskoe obosnovanie ratsionalnogo razmeshcheniya otkhodov kaliynyykh predpriyatiy: avtoreferat dissertatsii ... kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk* (Engineering and geological justification for rational placing the potassium enterprise wastes: thesis of inauguration of Dissertation ... of Candidate of Geological-Mineralogical Sciences). Saint Petersburg, 1998.
- Slanevskiy V. V., Smirnova V. S. *Sposob rekultivatsii otkosov soleotvalov* (Method for reclamation of salt pile slopes). Certificate of Authority USSR, No. 1652570. Applied: June 05, 1989. Published: May 30, 1991. Bulletin No. 20.
- Mozheyko F. F., Shakun M. L., Bondarev M. N. et al. *Sposob zashchity soleotvalov kaliynyykh predpriyatiy ot vodnoy i vetrovoy erozii* (Method for salt piles protection from water and wind erosion at potassium operations). Certificate of Authority USSR, No. 1658853. Applied: July 03, 1989. Published: June 30, 1991. Bulletin No. 22.
- Slanevskiy V. V., Barkhatov A. F., Myasogutov A. I. et al. *Ustroystvo dlya propitki bitumom i ukladki rulonnykh materialov* (Apparatus for roll material bitumen-steep and laying). Certificate of Authority USSR, No. 1511317. Applied: January 14, 1988. Published: September 30, 1989. Bulletin No. 36.
- Dickmann R. Covering and landscaping of tailings waste heap at the Siegmundshall plant, «K+S», Germany. *Kali und Steinsalz*. 2002. No. 3. pp. 32–41.
- Recultivated Land. Available at: http://corporate.vattenfall.com/globalassets/corporate/about_vattenfall/suppliers/lusatia-reclamation.pdf (accessed: September 28, 2015).
- RWE Power. The post-mining landscape. reclamation in the Rhineland. Available at: <http://www.rwe.com/web/cms/mediablob/en/352232/data/0/2/dl-en-reclamation.pdf> (accessed: September 28, 2015).
- Mozheyko F. F., Bondarev M. N., Rudakovskaya T. G. et al. *Sposob zashchity soleotvalov kaliynogo proizvodstva ot vodnoy erozii* (Method for protection of potassium production salt piles from water erosion). Certificate of Authority USSR, No. 397654. Applied: January 06, 1983. Published: April 23, 1984.
- Franziska Liemen, Sabine Bernsdorf and Ralph Meissner. Reclamation of a potassium mining waste pile with municipal sewage sludge compost. Transactions of the 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 1–6 August 2010, Brisbane, Australia. Available at: (accessed: March 18, 2016).
- Hostert Patrick et al. Land abandonment and reclamation in Central and Eastern Europe. Geography Department Humboldt-Universität zu Berlin. NASA LCLUC Program, Transactions International. Regional Science Meeting, Sopron, October 2014. Available at: http://lcluc.umd.edu/Documents/ScienceTeamMtg/2014_OCT/12_Hostert.pdf (accessed: March 18, 2016).
- Belkin V. V., Platygin V. I., Kuznetsov N. V. *Sposob izolatsii soli otvalov na kaliynyykh rudnikakh* (Method of salt pile isolation on potassium mines). Patent RF, No. 2273735. Applied: July 23, 2004. Published: April 10, 2006. Bulletin No. 10.