



УДК 551.3.053

**ВЛИЯНИЕ ВОДНОЙ И ВЕТРОВОЙ ЭРОЗИИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ  
ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ В РАЙОНЕ КМА**  
**THE INFLUENCE OF WATER AND WIND EROSION ON THE STABILITY OF  
MAN-MADE LANDSCAPES IN THE AREA OF KMA**

**М.А. Петина, М.Г. Лебедева, В.И. Петина, О.С. Толстопятова**  
**M.A. Petina, M.G. Lebedeva, V.I. Petina, O.S. Tolstopyatova**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85*

*Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia*

*E-mail: lebedeva\_m@bsu.edu.ru*

**Аннотация.** Одной из главных задач данной работы является обоснование необходимости рекультивации антропогенных ландшафтов ГОКов с учетом климатических факторов, влияющих на деформацию техногенных склонов. Проанализирована изменчивость климатических параметров, влияющих на формирование водной и/или ветровой эрозии на основании режимных гидрометеорологических наблюдений станций Росгидромета, расположенных в зоне освоения КМА. Современные климатические изменения в весенне-летний период уменьшают опасность развития водной эрозии почв создаваемых техногенных ландшафтов, но повышают вероятность развития ветровой эрозии на рыхлых горных породах, не занятых растительностью.

**Résumé.** The Belgorod Region is the unique Russian district due to its mineral resources. About 400 deposits of mineral resources: iron ore, bauxite, apatite have been identified and explored here. On the basis of these deposits the mining industry is widely developed in the region. Long-term extraction of iron ore in the mining districts of KMA led to the complicated environmental situation caused by the technogenic transformation of natural landscapes with the quarry-dump complex formation, which is characterized by widespread natural and natural-technogenic forms of relief.

The substantiation of the anthropogenic landscapes reclamation necessity of the GOKs, taking into account the climatic factors that affect the deformation of the technogenic slopes is one of the main objectives of this research. Evaluation of erosion hazards of soils and lands is necessary to predict their possible degradation and also for working out the preventing measures of the erosion.

The water and wind erosion is the most significant factor of land degradation taking into account natural factors, the actual occurrence and natural-economic significance of the effects. The conditions for the deformation of technogenic slopes during spring snowmelt are adverse, and the threat of the erosion process on the overburden dumps at the beginning of the 21st in the spring is not severe. The conditions for the development of water erosion in the spring are prolonged. Climatic changes occurring during the summer period reduce the risk of water erosion of technogenic landscapes soils, but increase the risk of wind erosion on the loose rocks not occupied by vegetation.

**Ключевые слова:** техногенный ландшафт, водная эрозия, поверхностный сток, ветровая эрозия, изменения климата.

**Key words:** technogenic landscape, water erosion, surface runoff, wind erosion, climate change.

## **Введение**

Белгородская область – это уникальный по своим минеральным ресурсам регион России. Здесь выявлены и разведаны около 400 месторождений полезных ископаемых: железные руды, бокситы, апатиты. На базе этих месторождений в области широко развита горнодобывающая промышленность. Активное развитие горнопромышленной деятельности в 60–70е годы XX века на территории районов КМА привело к интенсивному и быстрому преобразованию существующих природных ландшафтных комплексов в техногенные ландшафты и бедленды [Дроздова, Корнилов, 2013]. После 50 лет активной горнодобывающей деятельности в регионе КМА, в районах размещения горнодобывающих предприятий господствуют



техногенные геоморфологические формы в виде карьеров, отвалов вскрышных пород, гидроотвалов и хвостохранилищ [Петин и др., 2010, Тохтарь и др., 2012].

Добыча полезных ископаемых приводит к образованию техногенных ландшафтов. В районе Курской магнитной аномалии (КМА) их площадь составляет более 30 тыс. га, а территория негативного влияния превышает эту цифру в десятки раз [Белгородская область, 2015].

### **Объекты и методы исследования**

Объектом исследования явилась устойчивость техногенных ландшафтов ГОКов Белгородской области в современных погодно-климатических условиях. Исходным материалом послужили метеорологические среднеобластные данные о количестве осадков зимний период, максимальные запасы влаги в снеге, максимальная глубина промерзания почвы (Железногорск Курской области, Старый Оскол и Богородицкое-Фенино Белгородской области).

### **Результаты и их обсуждение**

Техногенные формы рельефа, как и естественные морфоструктуры подвержены трансформации под воздействием климатических и гравитационных факторов. Устойчивость техногенных форм рельефа связана с эрозионными, аккумулятивными, суффозионными, оползевыми и другими процессами. Они проявляются на первых стадиях формирования техногенного рельефа, когда на поверхности отвала еще не закреплен растительный покров.

Наиболее существенным фактором деградации почв с учетом природных факторов, реальной встречаемости и природно-хозяйственной значимости последствий являются водная и ветровая эрозия. Можно различать естественную (в рамках большого геологического кругооборота) и антропогенную эрозию. Часто хозяйственная деятельность не предотвращает, а усиливает и усугубляет негативные природные процессы [Petin et al., 2016].

Водная эрозия подразделяется на плоскостную, приводящую к смыву почв, и линейную, в результате которой образуются различные эрозионные формы: промоины, рытвины, порождающие глубокие овраги. Водная эрозия на насыпных отвалах является доминирующим процессом и представлена плоскостным смывом и линейной эрозией. На склонах южных экспозиций растительность изрежена, структура почвы хуже, чем на северных. Поэтому эрозия почв больше развита на склонах южных экспозиций, чем северных.

Водная эрозия вызывается поверхностным стоком, поэтому важнейшими климатическими факторами, определяющими эрозионную опасность земель, являются летние ливневые осадки, а также режимы снегоотложения и снеготаяния в весенний период.

Исходя из интенсивности водной эрозии, восстанавливаемые под сельскохозяйственное производство территории по рельефу (уклону) поверхности можно подразделить на следующие группы площадей:

- несмывные – уклон рекультивируемой площади до  $1^\circ$ , т. е. угодья расположены на ровной части рельефа, водной эрозии почти не подвержены, потери влаги на поверхностный сток почти отсутствуют, земли для сельскохозяйственного освоения особо пригодны;
- слабосмываемые – угол поверхности  $2-3^\circ$ , наблюдается заметный смыв нанесенных почв, потери влаги на поверхностный сток очень большие, для сельскохозяйственного освоения пригодны при условии специальной обработки почв и сева культур поперек склона;
- сильносмывные – угол поверхности  $3-5^\circ$ , увеличенный смыв нанесенных почв, значительные потери влаги на поверхностный сток, для сельскохозяйственного освоения ограничено пригодны с почвозащитными севооборотами;

- эрозионно опасные – угол поверхности  $6^\circ$  и более, происходит сильный смыв нанесенных почв, без залужения площади подвержены плоскостной и линейной эрозиям и для пропашного земледелия непригодны [Естественные науки, 2016].

Интенсивность водной эрозии почв зависит от многих факторов, главные из которых: климатические условия, формирующие величину и интенсивность стока в зависимости от количества, интенсивности и частоты выпадения осадков, характера снежного покрова, интенсивности таяния снега.

Сток талых и дождевых вод нарастает по мере увеличения крутизны и протяженности склона. Смыв почвы возрастает гораздо быстрее увеличения крутизны или длины склона и особенно при одновременном их увеличении. Поэтому характеристика земель по длине линий стока имеет большое значение. Интенсивность смыва почвы от стока талых вод зависит и от глубины промерзания почв. Кроме того, промерзание почвы нарушает инфильтрацию воды в нее и способствует увеличению стока, следовательно, и процессов эрозии. При оттаивании верхнего слоя почвы он переполняется водой и сползает по нижележащим, замерзшим слоям.

Вследствие климатических изменений, в последние годы промерзание почв в зимний период сократилось вдвое и становится все более неустойчивым за счет повторяющихся оттепелей (рис. 1).

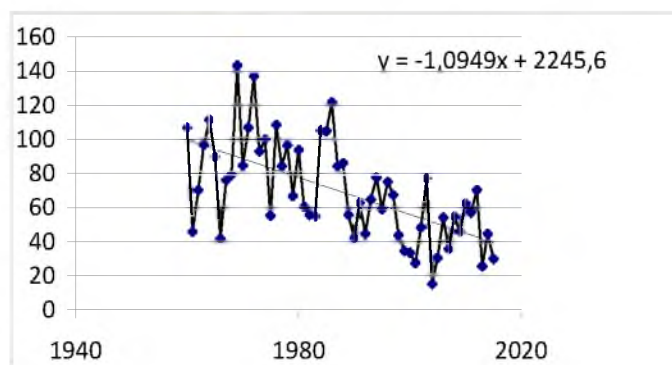


Рис. 1. Среднеобластная максимальная глубина промерзания почвы в зоне КМА  
Fig. 1. Average maximum depth of soil freezing in the area of KMA

Количество осадков за холодный период (рис. 2) возрастает, но при наблюдающемся потеплении климата осадки зимой выпадают как в твердой, так и в жидкой фазе.

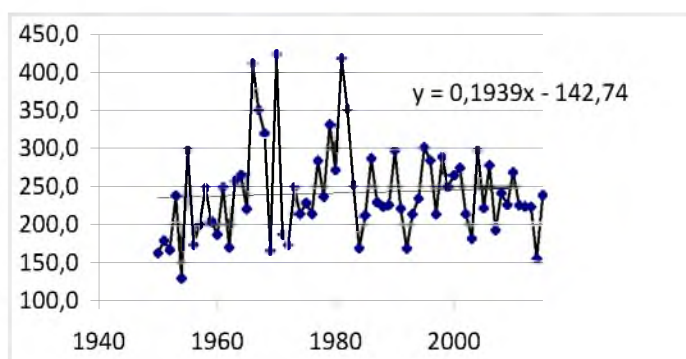


Рис. 2. Среднеобластное количество осадков за холодный период, мм  
Fig. 2. Average regional rainfall during the cold period, mm

Снег периодически подтаивает, влага переходит в верхний почвенный слой. Из-за неустойчивого температурного режима в зимний период максимальные запасы

воды в снеге так же уменьшаются (рис. 3). Условия для развития водной эрозии весной пролонгированы.

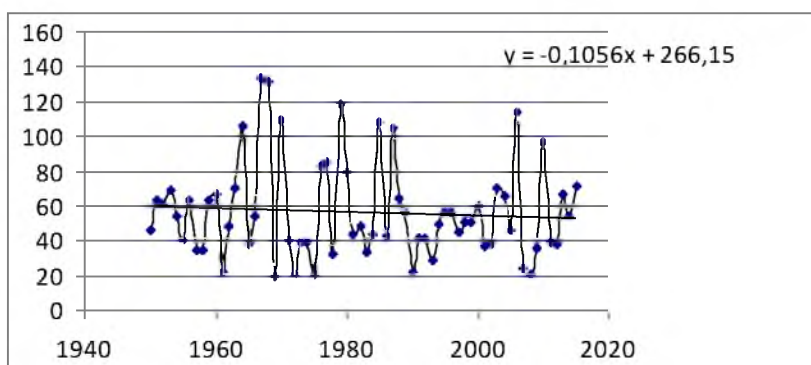


Рис. 3. Среднеобластные максимальные запасы влаги в снеге, мм  
 Fig. 3. Average regional maximum amount of moisture in the snow, mm

Таким образом, условия для деформации техногенных склонов в период весеннего снеготаяния в настоящее время не формируются, и угроза активного эрозионного процесса на отвалах вскрышных пород в начале XXI века в весенний период не выражена.

В теплое время года ливневый сток проявляется тогда, когда при интенсивных и продолжительных ливнях почва не успевает поглощать воду. При дождях слоем более 10 мм и большой интенсивности, особенно при выпадении их на переувлажненную землю, может возникнуть эрозия. Усиление эрозии при интенсивных ливнях связано также с увеличением размера капель дождя, которые быстрее разрушают комочки почвы и, уплотняя ее, снижают впитывание.

При выпадении осадков интенсивностью 3.4 мм/мин. в силу пестроты рельефа естественных и малопродуктивных техногенных ландшафтов территория подвержена развитию интенсивной эрозии.

За последние годы климатические характеристики максимального суточного количества осадков в районах освоения КМА по данным наблюдений Росгидромета не изменились и поэтому роль ливневых осадков в развитии эрозии остается постоянной [Государственный комитет СССР по гидрометеорологии, 1990; Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации, 2016].

Изменились условия для развития ветровой эрозии. Ветровая эрозия – это полное или частичное разрушение пахотного слоя почвы под действием ветра. Иногда этот процесс называют дефляцией почвы – выдувание воздушными потоками почвенных агрегатов и механических элементов из поверхности почвы.

Степень проявления ветровой эрозии зависит главным образом от скорости ветра и механического состава горных пород. Наибольшей интенсивностью характеризуются процессы дефляции на рыхлых горных породах – пески и песчано-меловые смеси, а наименьшей – на более плотных – мела и средние и тяжелые суглинки [Малинина, Дюков, 2012].

Главными причинами ветроэрозионного процесса на территориях ГОКов являются отсутствие растительного покрова или его изреженность, недостаточное уплотнение почв после проводимых изысканий, а также большие открытые пространства, на которых ветер способен развить значительную скорость. Как повседневная ветровая эрозия, так и пыльные бури способны нанести значительный урон территориям, требующим рекультивации.

Перевевание почвенных частиц на отвале приводит к возникновению пыльных бурь. Атмосфера прилегающих к отвалу территорий загрязняется. Под влиянием ветровой эрозии мелкозем грунтов сносится в микропонижения рельефа отвалов или к их подножиям, это приводит к мозаичности отвалов.

Защитные лесные насаждения создаются для защиты от вредоносных ветров-суховея, ветровой эрозии, для уменьшения непродуктивного испарения и



задержания снега, для уменьшения поверхностного стока и прекращения смыва, для сохранения запаса влаги. Защитное лесоразведение экономически выгодно. Оно является многогранным, долговременным и надежным средством в борьбе с водной и ветровой эрозией.

Ветровая эрозия вызывает выдувание, развевание почв, навевание на них мелкодисперсных пород. Ветровая эрозия незакрепленных почв может происходить в любое время года и при любой силе ветра. Она наиболее опасна весной при силе ветра более 15 м/с, когда почва взрыхлена и на ней еще не развился растительный покров. Ветровой эрозии особенно подвержены почвы при длительных засушливых условиях, определяемых квазистационарными антициклонами, повторяемость которых последние 30 лет на территории юга Русской Равнины возрастает [Петин и др., 2010; Экология справочник, 2016; Petin et al., 2016].

Наблюдается рост засушливости климата в теплое время года. Длительные периоды сухой жаркой погоды сменяются кратковременными ливневыми осадками.

Эрозионные процессы на мело-мергельных отвалах усиливается с возрастом под воздействием процессов выветривания. С отвала 5 летнего возраста смывается 3.6 т/га грунтосмеси, а с 30 летнего смывается в 2.5–4.5 раза больше.

На песчано-меловых смесях проявляется обратная закономерность. Через 5 лет после формирования смывается 12–14 т/га, а через 30 лет в силу выдувания и вымывания мелких фракций смыв уменьшается в 1.5–2.5 раза. [Навалихин, 2009].

При ветровой эрозии, или дефляции, происходит выдувание почвы, снос ее мелких сухих частиц ветром. Сухие почвы поддаются действию ветра легче, чем влажные, поэтому ветровая эрозия больше всего наблюдается в засушливых районах. В процессе горных работ при формировании отвалов, снятии, хранении и перемещении плодородных почв эрозия проявляется более успешно.

Условия атмосферной циркуляции в начале 21 века привели к вариативности характеристик ветрового режима. Средняя скорость ветра в регионе уменьшилась (2.6 м/с) в настоящее время по сравнению со столетней нормой (3.1 м/с). Но число дней с сильным ветром более 15 м/с возросло в 1.5 раза. Среднее число дней с сильным ветром в период май-сентябрь [Всероссийский научно исследовательский институт гидрометеорологической информации, 2016] было 3 дня, в настоящее время – 4.5. Таким образом, происходящие климатические изменения в летний период уменьшают опасность развития водной эрозии почв создаваемых техногенных ландшафтов, но повышают вероятность развития ветровой эрозии на рыхлых горных породах, не занятых растительностью.

### Выводы

Происходящие климатические изменения в весенне-летний период уменьшают опасность развития водной эрозии почв создаваемых техногенных ландшафтов, но повышают вероятность развития ветровой эрозии на рыхлых горных породах, не занятых растительностью.

При проектировании противоэрозионных мероприятий должно быть предусмотрено выполнение следующих главных требований: в зонах водной эрозии – создание водоустойчивой поверхности почвы, регулирование стока талых и ливневых вод; в зонах ветровой эрозии – создание ветроустойчивой поверхности почвы, уменьшение скорости ветра в приземном слое и сокращение размеров пылесборных площадей.

Создание эрозионно устойчивой поверхности при карьерном землевосстановлении прежде всего зависит от формирования ее рельефа и эффективности метода рекультивации (восстановление почвенного и растительного покрова). Рельеф и его растительный покров, в свою очередь, определяют величину стока талых и ливневых вод, а также скорость ветра в приземном слое и размеры пылесборных площадей. При восстановлении земель, нарушенных горными работами, вопрос селективного формирования породных отвалов необходимых параметров и качества является основополагающим и в деле повышения их устойчивости против водной и ветровой эрозий.



## Список литературы

## References

1. Белгородская область. Природные ресурсы. 2015. Электронный ресурс. URL: [http://www.ru.all.biz/regions/?fuseaction=adm\\_oda.showSection&rgn\\_id=31&sc\\_id=7](http://www.ru.all.biz/regions/?fuseaction=adm_oda.showSection&rgn_id=31&sc_id=7). Belgorod oblast. Natural resources. 2015. Available at: <http://www.ru.all.biz/prirodnye-resursy-belgorodskaya-oblast-srd70031>. (accessed 11.04 2016) (in Russian)
2. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации. 2016. Научно-прикладной справочник «КЛИМАТ-РОССИИ». Электронный ресурс. URL: <http://meteo.ru/pogoda-i-klimat/197-nauchno-prikladnoj-spravochnik-klimat-rossii>. All-Russian Scientific Research Institute of Hydrometeorological Information. 2016. Scientific-applied reference «CLIMATE OF RUSSIA». Available at: <http://meteo.ru/pogoda-i-klimat/197-nauchno-prikladnoj-spravochnik-klimat-rossii>. (in Russian)
3. Государственный комитет СССР по гидрометеорологии. 1990. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 28. Л., Гидрометеиздат, 366. The USSR State Committee for Hydrometeorology. 1990. Nauchno-prikladnoj spravochnik po klimatu SSSR. Ser. 3. Mnogoletnie dannye. Ch. 1–6. Vyp. 28 [Scientific-applied reference book of the USSR climate. Series 3. Long-term data. Part 1–6. Vol. 28]. Leningrad, Gidrometeizdat, 366.
4. Дроздова Е.А., Корнилов А.Г. 2013. Трансформации ландшафтов в Железнодорожном горно-промышленном районе КМА. В кн.: Сборник докладов международной научно-практической конференции «Регион–2013». Харьков: 143–145. Drozdova E.A., Kornilov A.G. 2013. Landscape Transformation in Zheleznogorsk mining and industrial area of the KMA. In: Sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Region–2013» [Proceedings of the international scientific practical conference «Region–2013»]. Kharkiv: 143–145. (in Russian)
5. Естественные науки. 2016. Электронный ресурс. URL: <http://scibook.net/injenernaya-ekologiya>. Natural Sciences. 2016. Available at: <http://scibook.net/injenernaya-ekologiya>. (in Russian)
6. Малинина Т.А., Дюков А.Н. 2012. Противозерозионная и санитарно-гигиеническая роль лесных насаждений при биологической рекультивации техногенных ландшафтов Курской магнитной аномалии. *Известия Самарского научного центра РАН*, 14 (1–8): 1979–1982. Malinina T.A., Djukov A.N. 2012. Erosion control and sanitary-hygienic role of forest plantations with biological reclamation of technogenic landscapes of Kursk magnetic anomaly. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 14 (1–8): 1979–1982. (in Russian)
7. Навалихин С.В. 2009. Агроресомелиорация и защитное лесоразведение, озеленение населенных пунктов. Дис. ... канд. с.-х. наук. Волгоград, 146. Navalikhin S.V. 2009. Agroresomelioracija i zashhitnoe lesorazvedenie, ozelenenie naselennyh punktov [Agroforestry and protective wood cultivation, gardening of settlements]. Dis. ... cand. agricult. sciences. Volgograd, 146. (in Russian)
8. Петин А.Н., Чендев Ю.Г., Шульц Э. 2010. Типизация карьерно-отвальных комплексов курской магнитной аномалии по ландшафтно-геохимической структуре. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*, (4): 63–67. Pelin A.N., Chandev J.G., Schultz E. 2010. Typification of quarry-dump complexes of the Kursk magnetic anomaly in the landscape-geochemical structure. *Izvestiya RAN (Akad. Nauk SSSR). Seriya Geograficheskaya*, (4): 63–67. (in Russian)
9. Тохтарь В.К., Мартынова Н.А., Корнилов А.Г., Петин А.Н. 2012. Опыт разработки эффективных способов биологической рекультивации отвалов ГОКов на юге среднерусской возвышенности. *Проблемы региональной экологии*, (2): 83–86. Tokhtar V.K., Martynova N.A., Komilov A.G., Petin A.N. 2012. Experience of the of effective methods of biological reclamation development on the GOKs waste dumps in the South of Central Russian upland. *Regional environmental issues*, (2): 83–86. (in Russian)
10. Экология справочник. 2016. Электронный ресурс. URL: <http://ru-ecology.info/term/1902/> Ecology Handbook. 2016. Available at: <http://ru-ecology.info/term/1902/>. (in Russian)
11. Петин А.Н., Петина М.А., Лебедева М.Г., Толстопыатова О.С. 2016. Climatic factors affecting the reclamation of disturbed lands in the area of the KMA development. *Scientific Reports on Resource Issues Freiberg*, 1: 243–247.