

УДК 551.4+502.572 (574.3)

А.А. Лукашов¹, К.М. Акпамбетова²

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия;

²Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, Казахстан
(E-mail: akpambetova@mail.ru)

Геоморфологические аспекты использования земель, нарушенных в ходе горной добычи

Ежегодно нарушаемая горными разработками площадь земель достигает порядка 0,3–0,4 млн. га. Во многих странах проводятся мероприятия по сокращению площади, занимаемой отвалами, терриконами и пустошами. Широкий размах приобрели работы по преобразованию бесплодных нарушенных земель в пригодные для использования. При этом улучшаются не только земли, нарушенные горными разработками, но и антропогенные пустоши другого происхождения. Больше всего земель выводится из строя горными разработками и при строительстве линейных сооружений. Авторы отмечают, что на территории Карагандинского угольного бассейна в результате прогибания поверхности произошло оседание фундамента зданий, смещение блоков стен, обрушение потолочных перекрытий. Максимальные величины прогиба составляют 70–80 % от мощности выработанного пласта. Исследования показали, что в результате многолетнего ведения подземных горных работ на поверхности, в промзонах рудников и на близлежащих территориях образуется множество воронок обрушения. Подчеркнуто также, что под влиянием шахтного водоотлива формируется депрессионная воронка площадью в десятки квадратных километров. Территории вокруг шахт из-за многочисленных провалов на поверхности являются зонами повышенной опасности. Деформации пород, залегающих над выработками, носят различный характер — от плавных, без нарушения сплошности пород, до их полной дезинтеграции. В статье сделаны выводы, что при извлечении твердых полезных ископаемых осуществляется целый комплекс подготовительных, текущих и последующих сопряженных горнотехнических мероприятий, которые приводят к изменению геолого-геоморфологических, гидрологических и метеорологических условий в районе добычи и на смежных землях.

Ключевые слова: рельефообразующие процессы, техногенез, шахты, Карагандинский угольный бассейн, горные породы.

Введение

Физико-географические условия, технология разработок, а также уровень развития страны оказывают влияние на направление и методы рекультивации нарушенных земель, на состояние и перспективы развития района работ, на экономическую и социальную значимость рекультивации в данном регионе. Поэтому рекультивация имеет свою специфику и особенности не только в разных странах, но и в разных районах одной страны.

Методы исследования

При добыче минерального сырья возникают специфические рельефообразующие процессы, которые можно разделить на подземные и поверхностные. Для их исследования применяется целый комплекс методов, среди которых наиболее важными являются морфологический, морфоструктурный, морфонеотектонический.

Известно, как меняется рельеф земной поверхности при добыче полезных ископаемых. Определение внешних признаков различных элементов рельефа, по которым можно определить его проис-

хождение, составляет сущность морфологического метода. Целый ряд подземных процессов (выбросы горных пород, воды, газов, выщелачивание легкорастворимых пород и др.) осуществляется за счет реализации природных источников энергии. Многие из этих процессов были охарактеризованы Ф.В. Котловым [1].

Самовозгорание терриконов также следует отнести к подземным процессам. О масштабах развития пожаров, связанных с породными отвалами угольных шахт, можно судить на примере Донбасса. На территории Донбасса находится 1257 терриконов общим объёмом 1.056.519,9 тыс. м³, которые занимают площадь 5.526,3 га. Из них 30 % являются горящими. Горение пород отвалов вызывает образование пустот, обрушение и осадку горелых пород, осыпи, трещины вследствие неравномерного нагрева; выбросы и термические оползни с образованием на склонах отвалов полостей разного объёма, уступов и трещин. При горении терриконов выделяющиеся газы приводят к загрязнению воздуха прилегающих к отвалам территорий, атмосферными осадками с поверхности отвалов сносятся продукты разрушения новообразованных минералов, приводящие к загрязнению почв и воды и др. В шахтах Карагандинского угольного бассейна (Карбасс) также отмечалось самовозгорание углей, приводившее к пожару. Однако в отличие от Кузнецкого угольного бассейна, где много следов древних пожаров, в Карбассе таких следов не обнаружено.

Т а б л и ц а 1

Характеристика подземных природно-техногенных процессов

Процесс	Краткая характеристика	Условия развития
Горное строение, удары	Мгновенная разгрузка энергии упругой деформации высокопрочных скальных пород в местах максимальных концентраций напряжений и их перераспределение в связи с проходкой	Высокая прочность и жесткость скальных пород, обладающих большими внутренними напряжениями. Наблюдаются обычно на больших глубинах — более 200 м
Внезапные выбросы	Внезапные выбросы угля и газа в выработке характерны для глубин более 100–250 м	Приурочены к тектоническим разрывам и нарушениям угольного пласта
Прорывы поверхностных, подземных вод и пльвуны	Возникают внезапно при вскрытии напорных водоносных горизонтов, пльвунных пород, при малой мощности водупоров, наличии разломов, трещин, пустот и больших гидравлических градиентов. Исчезают реки, озера, пруды, затапливаются выработки, на поверхности земли образуются провалы	Прорыв вод и пльвунов через старые и новые трещины и пустоты, образующиеся при сдвигении пород в массиве; заброшенные шахты, шурфы, колодцы. Наличие напорных вод и пльвунных пород
Механическая и химическая суффозия	Размыв и растворение пород, вынос мелкодисперсных частиц и солей, суффозионное разуплотнение, декольматация и развитие наледи	Градиенты напора, вызывающие движение подземных вод, фильтрационный размыв и выщелачивание пород. Критические скорости. Напорная фильтрация подземных вод, водоотлив
Подземные пожары	Выгорание пластов каменного угля, горючих сланцев, торфа, сопровождаемое обрушением и сдвижением пород	Самовозгорание и загорание при производстве горных работ

Как показывают исследования, подземные природно-техногенные процессы интенсивно идут в депрессионных воронках, образованных при откачке воды. Здесь скорость перемещения подземных вод возрастает, поэтому повсеместно наблюдаются фильтрационная деформация некоторых типов пород, подземный размыв и вынос вещества.

Наиболее важными методами при изучении поверхностных процессов являются морфогеографический (изучение связи между рельефом и географической средой) и морфодинамический (изучение современных экзогенных рельефообразующих процессов). Породы, обнажённые при образовании выработок и сгруженные в отвалы, подвергаются процессам выветривания. Поверхностные преобразования материала отвалов происходят по-разному, в зависимости от их состава и гидротермических условий местонахождения. Отвалы, на поверхности которых развиты фитотоксичные породы, могут в течение десятилетий служить ареной физического и химического выветривания. Оставаясь безжизненными и оголенными, они служат источником сноса вредных веществ.

Процессы почвообразования. При достижении 40–70-летнего возраста почвы на отвалах по контрастности, выраженности генетических горизонтов становятся близкими к зрелым почвам окружающих ландшафтов, но характеризуются карликовостью, сжатостью всего профиля. Мощность таких почв не превышает десятка сантиметров. В то же время при зарастании отвалов, сложенных рыхлыми дисперсными породами, на них быстро развивается почвенный профиль, лишь по некоторым признакам отличающийся от зонального.

Эоловые процессы и аккумуляция. В районах действия горнодобывающих предприятий весьма активно происходит разнос вещества по воздуху и его аккумуляция вблизи источников питания. Насыщение воздуха пылью происходит за счет развевания открытых отвалов и других оголённых мест. Значительными её источниками являются также вентиляционные потоки воздуха из шахт, буровзрывные работы, погрузочно-разгрузочные работы и движение тяжёлых автомашин по грунтовым дорогам.

В Карагандинском угольном бассейне основной причиной сильного загрязнения воздуха, а также снега, поверхностных вод и почвы является наличие в угленосной толще, наряду с плотными крепкими углями, углей хрупких, которые при разработке дают много пыли. В результате территория вокруг шахты в радиусе 15–20 км засоряется угольной пылью.

Процессы осадконакопления проходят в искусственных водоёмах, образованных отработанными шахтными водами. Продукты смыва с отвалов в виде шлейфа распространяются на прилегающие к ним земли.

Эрозионные процессы. Плоскостному и ручейковому смыву подвергаются склоны отвально-терриконового комплекса. На склонах отмечаются такие эрозионные формы, как промоины, прорезающие склоны отвалов на всём протяжении, а также бороздки, рытвины, приуроченные к бровкам склонов (рис. 1).



Рисунок 1. «Бороздки» и «овраги» на склоне отвала шахты им. Костенко. Фото К.М. Акпамбетовой

Процессами заболачивания и затопления охвачены в основном подрабатываемые площади угольного бассейна. В Шерубайнуринском и Тентекском районах источником подтопления служат грунтовые воды аллювиальных отложений рек Шерубайнура и Соқыр. В этих районах вся подработанная шахтами площадь выбыла из хозяйственного использования [2].

Активизация процессов выщелачивания и снятие сил гидростатического взвешивания в зонах депрессионных воронок иногда приводят к формированию провалов. Нарушение естественного режима гидрогеологических и инженерно-геологических условий вследствие многолетней откачки воды из действующего рудника полиметаллургического комбината и понижения уровня подземных вод на глубину 200 м привели в 1978 г. в окрестностях г. Кентау к образованию карстового провала в девонских известняках. Площадь устья провала составила 1200 м², и видимая глубина достигла

50–55 м. Для засыпки провала потребовалось около 33 тыс. м³ пустой породы. В результате процесса просадки целые жилые комплексы могут оказаться на дне отработанной шахты. На территории Карагандинского угольного бассейна в результате прогибания поверхности произошло оседание фундамента зданий, смещение блоков стен, обрушение потолочных перекрытий. По данным [3], средние скорости оседания составляют 60–100 мм в сутки. Максимальные величины прогиба составляют 70–80 % от мощности выработанного пласта. В результате многолетнего ведения подземных горных работ на поверхности, в промзонах рудников и на близлежащих территориях образуется множество воронок обрушения. Кроме того, под влиянием шахтного водоотлива формируется депрессионная воронка площадью в десятки квадратных километров. Территории вокруг шахт из-за многочисленных провалов на поверхности являются зонами повышенной опасности.

Деформации пород, залегающих над выработками, носят различный характер — от плавных, без нарушения сплошности пород, до их полной дезинтеграции. При глубине залегания разрабатываемых пластов меньше 30–40-кратной величины их мощности просадка налегающих пород осуществляется весьма интенсивно (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Формы провалов, возникающих в результате шахтной добычи полезных ископаемых

Форма провалов	Форма и положение залежей полезных ископаемых
Мульдообразные	Разработка пластовых залежей средней (1,5–3 м) и большой (более 3 м) мощности горизонтального и волнистого залегания или пологого падения (до 27°). Мульда сдвижения горных пород находится в зоне прогибов
Мульдообразные террасированные	Разработка залежей пологого или наклонного (от 27 до 45°) падения. Мульда сдвижения горных пород находится в зоне прогибов или обрушения
Каньонообразные	Разработка пластовых залежей средней и большой мощности, крутого падения (45°), с обрушением вмещающих пород. Мульда сдвижения находится в зоне обрушения
Каньонообразные с останцами	То же при разработке сближенных пластов с крепкими вмещающими метаморфическими породами, стойкими к выветриванию
Кольцевые	Разработка крутопадающих штокообразных залежей. Мульда сдвижения находится в зоне обрушения

Оседание массивов горных пород с образованием мульд, разрывов и сбросов происходит при избыточном расходовании подземных вод на орошение. Аналогичная картина наблюдается при водопонижении в районах разработки месторождений твердых полезных ископаемых, а также на площадях, где внутрислоевое давление снижается из-за добычи нефти и газа. При извлечении твердых полезных ископаемых осуществляется целый комплекс подготовительных, текущих и последующих горнотехнических мероприятий [4].

Такие мероприятия приводят к изменению геолого-геоморфологических, гидрологических и метеорологических условий в районе добычи и на смежных землях. Выемка и аккумуляция горных масс ведут к изменению геолого-геоморфологических условий; защита горнодобывающих предприятий от затопления — к изменению гидрологических и гидрогеологических условий; многие виды работ, при которых запыляется воздух, — к изменению метеорологических условий. Все эти мероприятия порождают, в свою очередь, целый комплекс процессов-следствий, которые также затрагивают атмосферную, гидросферную и литосферную составляющие района добычи полезных ископаемых.

Особая группа мероприятий проводится в пределах площади горного отвода и смежных территорий с целью уменьшения негативного эффекта всех явлений, возникающих при добыче. Самостоятельным комплексом работ можно считать рекультивацию земель, нарушенных добычей полезных ископаемых.

Обсуждение результатов

В связи с постоянным ростом цен на землю актуальность рекультивации заброшенных и вновь нарушаемых земельных площадей сейчас ни у кого не вызывает сомнений. Поэтому при проведении горных работ, линейного строительства и других мероприятий, резко ухудшающих состояние геологической среды, сейчас заранее планируется и комплекс рекультивационных преобразований. При этом предусматривается создание оптимальных для рекультивации условий. Такое опережающее

планирование рекультивации имеет большое будущее и открывает широкие возможности перед отраслями науки и техники, связанные с проблемами рационального использования природы.

В районе развития аридных ландшафтов Казахстана еще одним из мероприятий по рациональному использованию нарушенных земель может стать создание туристско-рекреационных зон. Рассмотрение рельефа с позиций рекреационной географии во многом отвечает внутренним тенденциям развития геоморфологической науки. В последние годы стали появляться теоретические работы, посвященные вопросам экологической геоморфологии. В этих публикациях рельеф рассматривается как базисный элемент не только частных географических оболочек, но и как элемент основы техносферы и ноосферы [5].

Одним из критериев эстетики природных геоморфологических объектов является их привлекательность. По мнению О.А. Борсука и Д.А. Тимофеева, привлекательность форм рельефа выражается в четырех вариантах:

- 1) сама форма как таковая. Обычно привлекают внимание формы рельефа, необычные для данного типа местности;
- 2) формы рельефа в сочетании с соседними формами;
- 3) формы рельефа в сочетании с иными (не геоморфологическими) явлениями и объектами;
- 4) привлекательность естественного рельефа, усиленная рукотворным рельефом.

В качестве примера создания такой туристско-рекреационной зоны предлагается территория Центрального Казахстана, где получили широкое развитие как природные, так и техногенные формы рельефа.

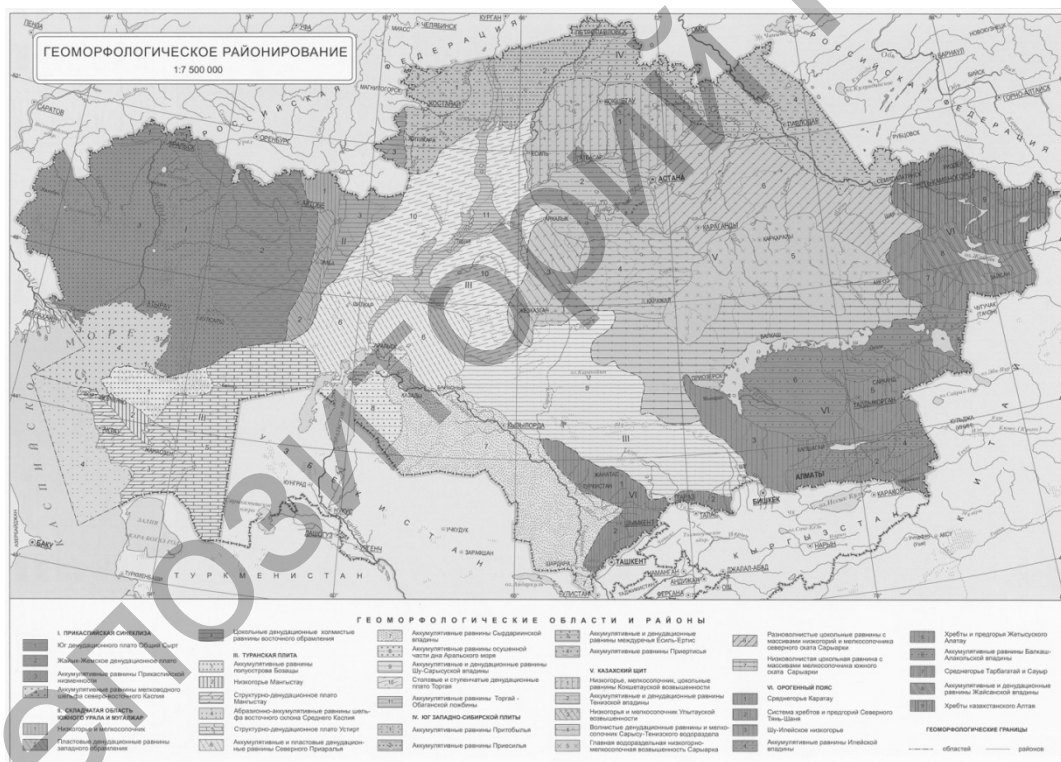


Рисунок 2. Карта геоморфологического районирования Казахстана [7]

Для решения ряда практических задач, и в первую очередь для целей рационального использования природных ресурсов, необходимо географическое районирование вообще и геоморфологическое в частности (рис. 2). Геоморфологическое районирование представляет собой многоступенчатую систему, состоящую из таксонов различного ранга. Крупные таксоны определены на основе учёта наиболее общих признаков, а более мелкие — частных признаков [6]. При геоморфологическом районировании Центрального Казахстана учтены основные принципы районирования:

- объективность;
- полная делимость;
- генетическая и историческая обусловленность;

- сочетание всей системы факторов рельефообразования;
- связь с современными географическими условиями.

На карте «Геоморфологическое районирование Казахстана» выделены крупные области и районы (рис. 2). Центральный Казахстан показан как область — Казахский щит, который состоит из 7 районов: на севере — низкогорье, мелкосопочник, цокольные равнины Кокшетауской возвышенности (1), на западе — аккумулятивные и денудационные равнины Тенизской впадины (2), низкогорья и мелкосопочник Улытауской возвышенности (3), волнистые денудационные равнины и мелкосопочник Сарысу-Тенизского водораздела (4), в центре — главная водораздельная низкогорно-мелкосопочная возвышенность — Сарыарка (5), на востоке и юге — разнорельефные цокольные равнины с массивами низкогорий и мелкосопочника (6, 7). Эти геоморфологические районы характеризуются наличием таких природных объектов, которые смело можно отнести к туристско-рекреационным зонам.

Предложенная схема создания природно-рекреационной зоны в Центральном Казахстане может способствовать решению проблемы рационального природопользования на территориях, нарушенных разработками месторождений полезных ископаемых. Если учесть тот факт, что площадь аридных ландшафтов достигает порядка 75–80 %, то применение данной схемы даст ощутимые результаты в деле защиты и охраны окружающей среды Казахстана.

Список литературы

- 1 Котлов Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека / Ф.В. Котлов. — М., 1978. — С. 183–192.
- 2 Акпамбетова К.М. Геоморфология аридных территорий Казахстана: учеб. пособие. — Ч. 2 / К.М. Акпамбетова. — Караганда: Изд-во КарГУ, 2002. — 112 с.
- 3 Инженерная геология СССР. Урал, Таймыр и Казахская складчатая страна / В.П. Бочкарёв, И.А. Печёркин, Я.В. Неизвестнов и др. — М., 1990. — С. 318–366.
- 4 Моторина Л.В. Рекультивация земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью / Моторина Л.В., Н.М. Забелина. — М.: Мысль, 1968. — С. 140–145.
- 5 Бредихин А.В. Рекреационные свойства рельефа / А.В. Бредихин // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. — 2004. — № 6. — С. 24–30.
- 6 Акпамбетова К.М. Физическая география Центрального Казахстана: учеб. пособие / К.М. Акпамбетова. — Караганда: Изд-во КарГУ, 2005. — 75 с.
- 7 Карта геоморфологического районирования Казахстана [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://steppes.kpi.kz>.

А.А. Лукашов, К.М. Акпамбетова

Тау-кен өндірісі барысында бұзылған жерлерді пайдаланудың геоморфологиялық аспектілері

Жыл сайын тау-кен өнеркәсібі арқылы бұзылатын жер көлемі шамамен 0,4 млн гектарды құрайды. Әлемдегі осындай жерлердің жалпы ауданы 12–15 млн гектардан аспайды. Көптеген елдерде үйінділер, террикондар мен кокыс тастайтын жерлердің ауданын қысқарту шаралары қолға алынуда. Тақыр, бұзылған жерлерді пайдалану үшін қолайлы етіп өзгерту мақсатында кең көлемде жұмыстар жүргізілді. Сонымен қатар тау-кен жұмыстары зиянын тигізген жерлер ғана емес, басқа да шығу тегі антропогендік бос жерлер де жақсарады. Жер учаскелерінің басым бөлігі тау-кен өндірісі мен желілік құрылыстарды салу арқылы бұзылады. Қарағанды көмір бассейнінің аймағында жер беті майысуының нәтижесінде ғимараттардың жерлерінің шөгуді, қабырға блоктарының жылжуы және төбелерінің құлауы байқалады. Жер беті майысуының максималды көрсеткіштері 70–80 % құрайды. Жер бетінде көп жыл бойы жерасты жұмыстарының жүргізу нәтижесінде рудниктердің өнеркәсіптік зоналарында және жақын орналасқан территорияларында құлдырау шұңқырлар пайда болады. Сонымен бірге шахта суларының әсерінен депрессиялық шұңқырларда пайда болады. Олардың алабы бірнеше шаршы шақырымға тән. Шахтылар айналысындағы территориялар жер бетіндегі көп санды майысулардың бар болуына байланысты қауіпті зоналар деп саналады. Тау жыныстардың деформациялары әртүрлі — бір қалыпты түрлерінен толық дезинтеграцияға дейін. Қатты пайдалы қазбаларды шығару барысында дайындау, ағымды және жүйелілік таулы техникалық шаралар жүргізіледі. Бұндай шаралардың әсерінен қазба аймақтарында геологиялық-геоморфологиялық, гидрологиялық және метеорологиялық жағдайлары өзгерістерге ұшырайды.

Кілт сөздер: жер бедері пайда болу процестері, техногенез, шахталар, Қарағанды көмір бассейні, тау жыныстары.

A.A. Lukashov, K.M. Akpambetova

Geomorphological aspects of the use of land disturbed in the mountain treatment

The area of land, which is destroyed annually by mining, reaches about 0.4 million hectares. The total area of such lands in the world is no more than 12–15 million hectares. In many countries, measures are being taken to reduce the area occupied by dumps, waste heaps and wastelands. Wide scope has been acquired for the transformation of infertile disturbed lands into suitable for use. At the same time, not only the lands damaged by mining are being improved, but also anthropogenic wastelands of a different origin. Most of the land is disrupted by mining and construction of linear structures. On the territory of the Karaganda coal basin, as a result of deflection of the surface, the basement of buildings collapsed, the blocks of walls were displaced, and ceiling ceilings collapsed. The maximum values of the deflection are 70–80 % of the thickness of the produced reservoir. As a result of long-term maintenance of underground mining operations on the surface, in industrial zones of mines and in nearby territories, many craters of collapse. In addition, under the influence of mine drainage, a depression funnel is formed, an area of tens of square kilometers. The area around the mines due to numerous surface failures are areas of increased danger. The deformations of the rocks lying above the excavations are of a different nature — from smooth, without disruption of the continuity of the rocks, to their complete disintegration. When extracting solid minerals, a whole complex of preparatory, current and subsequent associated mine technical measures is carried out. Such measures lead to a change in geological-geomorphological, hydrological and meteorological conditions in the production area and on adjacent lands.

Key words: relief forming processes, technogenesis, mines, Karaganda coal basin.

References

- 1 Kotlov, F.V. (1978). *Izmenenie heolohicheskoi sredy pod vlianiem deiatelnosti cheloveka* [Change in the geological environment under the influence of human activity]. Moscow [in Russian].
- 2 Akpambetova, K.M. (2002). Heomorfolohiia aridnykh territorii Kazakhstana [Geomorphology of arid territories of Kazakhstan]. (Pt. 2). Karaganda: KarSU Publ. [in Russian].
- 3 Bochkarev, V.P., Pecherkin, I.A., & Neizvestnov, Ya.V. (1990). *Inzhenernaia heolohiia SSSR. Ural, Taimyr i Kazakhskaiia skladchataia strana* [Engineering geology of the USSR. Urals, Taimyr and the Kazakh folded country]. Moscow [in Russian].
- 4 Motorina, L.V., Zabelina, N.M. (1968). *Rekultivatsiia zemel, narushennykh hornodobyvaiushchei promyshlennosti* [Reclamation of lands disturbed by the mining industry]. Moscow: Mysl [in Russian].
- 5 Bredikhin, A.V. (2004). *Rekreatsionnye svoitva relefa* [Recreational properties of the relief]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Heohrafiia — Bulletin of the Moscow University. Series 5. Geography*, 6, 24–30 [in Russian].
- 6 Akpambetova, K.M. (2005). *Fizicheskaiia heohrafiia Tsentralnogo Kazakhstana* [Physical Geography of Central Kazakhstan]. Karaganda: KarSU Publ. [in Russian].
- 7 Karta heomorfolohicheskogo raionirovaniia Kazakhstana [Map of geomorphologic zoning of Kazakhstan]. *steppes.kspi.kz* Retrieved from <http://steppes.kspi.kz/pages/Kazakhstan.html>.