

УДК 699.83

КРАТКИЙ АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССОВ ЛИНЕЙНОЙ ЭРОЗИИ НА УЧАСТКЕ ПРОЕКТИРУЕМОГО СТРОИТЕЛЬСТВА УСТЬ-ДОНЕЦКОЙ ГРЭС

¹Хансиварова Н.М., ²Скнарина Н.А., ¹Харчук В.В.

¹ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону,
e-mail: n.khansivarova@yandex.ru;

²СРО НП содействия развитию инженерно-изыскательской отрасли «Ассоциация Инженерные изыскания в строительстве», филиал «АИИС – Ростов-на-Дону»,
Ростов-на-Дону, e-mail: nadskn@gmail.com

Предложена методика количественной оценки интенсивности развития процессов линейной эрозии на участках проектируемого строительства сооружений I уровня ответственности в районах развития мощной толщи дисперсных просадочных отложений. Методика содержит полевой и аналитический этапы исследований. Полевой этап предполагает изучение основных морфометрических показателей эрозионных форм и выделение их порядков (I–IV). Аналитический этап включает анализ основных природных процессов, способствующих развитию овражно-балочной эрозии и плоскостного смыва, а также разработку количественной оценки их проявления. Влияние отдельных природных факторов оценивается по 4-балльной шкале. Степень интенсивности процесса определяется суммой набранных баллов по каждому фактору. Результат проведенных исследований отражается на карте районирования территории по степени активности проявления опасного геологического процесса.

Ключевые слова: овражно-балочная эрозия, плоскостной смыв, количественные критерии, интенсивность проявления, районирование

BRIEF ANALYSIS OF NATURAL FACTORS FOR EVALUATION OF DEVELOPMENT PROCESSES LINEAR EROSION AT THE PROJECTED CONSTRUCTION UST-DONESK SDPS

¹Khansivarova N.M., ²Sknarina N.A., ¹Kharchuk V.V.

¹FGAU VPO «Southern Federal University», Rostov-on-Don, e-mail: n.khansivarova@yandex.ru;

²Association of Engineering Survey in Construction, Rostov-on-Don, e-mail: nadskn@gmail.com

Proposed the method for quantitative evaluation the intensity of the development processes of linear erosion in areas of the projected construction of building of I level of responsibility in areas of thick sequence of sediments disperse subsiding. The technique comprises a field and analytical stages of research. Field stage involves the study of the main morphometric parameters of erosion forms and isolation of their orders (I-IV). Analytical phase includes analysis of major natural processes that contribute to the development of ravine erosion and washout planar, as well as the development of a quantitative assessment of their manifestations. The impact of individual natural factors measured by a 4-point scale. Degree of intensity of the process is determined by the sum of the of points for each factor. The result of the research is reflected in the zoning map for the degree of activity manifestation of dangerous geological processes.

Keywords: ravine erosion, washout planar, quantitative criteria, the intensity of the manifestations, zoning

Основанием зданий и сооружений в пределах европейской части юга России служат дисперсные грунты с водноколлоидными и механическими структурными связями. Подверженность структурно-неустойчивых пород размыву вызывает необходимость детального изучения эрозионных процессов, связанных с деятельностью поверхностных вод, особенно таких, как овражная эрозия и плоскостной смыв [8]. Исследования особенно актуальны при проведении инженерно-геологических изысканий на участках проектирования и строительства объектов I (повышенного) уровня ответственности [3]. В настоящем

сообщении приведен анализ и методика количественной оценки основных факторов развития и форм проявления эрозионных процессов на примере площадки проектируемого строительства Усть-Донецкой ГРЭС на стадии «проект».

Целью исследования является изучение состояния овражно-балочной сети на участке изысканий; выделение линейных эрозионных форм различных порядков; количественная оценка процессов овражной эрозии и плоскостного смыва; составление схемы районирования участка по степени интенсивности проявления эрозионных процессов.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленных целей выполнены полевые, лабораторные исследования и камеральная обработка полученных результатов. Для изучения основных морфометрических показателей эрозионных форм I–IV порядков осуществлено рекогносцировочное обследование площадок и прилегающих к ним территорий. Маршруты сопровождались проходкой шурфов в бортах и русле балок. Мощность, состав и состояние размываемых пород определены при бурении скважин механическим ударно-канатным способом буровыми установками УГБ-1ВС и УРБ-2,5. Глубина скважин 15,0–50,0 м, диаметр бурения 168 мм. В процессе бурения по всему разрезу отбирались пробы грунтов ненарушенного сложения. Классификационные показатели грунтов определялись общепринятыми лабораторными методами согласно ГОСТ [1, 2]. Коэффициенты фильтрации грунтов получены по результатам наливов в шурфы.

Результаты исследования и их обсуждение

Участок работ занимает водораздельное пространство между р. Дон и Сев. Донец. По схеме геоморфологического районирования равнин бассейна Нижнего Дона, предложенной П.Ф. Молодкиным, исследуемая площадка относится к геоморфологическому подрайону Нижне-Донецкой денудационной возвышенности; геоморфологическому району Донецкой денудационно-эрозионной возвышенности на складчатых структурах Донбасса; геоморфологической области Донецкого кряжа [7].

Донецкий кряж в пределах Нижнего Дона представлен восточными, ныне разрушенными отрогами с плоскими междуречьями и глубокими, местами горного типа, долинами. Наиболее древними породами, выходящими на поверхность, являются карбонатные известняки, песчаники, сланцы с прослоями каменного угля. Покрываются они четвертичными глинами, песками и суглинками. Развиты складчатые и разрывные нарушения, нашедшие отражение и в современном рельефе.

Денудационно-эрозионная возвышенность занимает восточную часть кряжа. Неоген-четвертичные поднятия в пределах складчатого Донбасса стимулировали активное развитие процессов смыва и размыва, в результате чего часть мезокайнозойских отложений была эродирована. В современных условиях, когда здесь также преобладают унаследованные тектонические поднятия со скоростью 2,6–3 мм/г, важнейшим рельефообразующим процессом является денудация. Вследствие этого на данной местности развивается

типичная денудационно-эрозионная возвышенность. Поверхность ее расчленена долинами р. Лихой и Кундрючьей и их притоками. Рисунок речной сети во многом предопределен разрывными тектоническими нарушениями.

В геоморфологическом отношении площадка проектируемого строительства расположена в пределах трех геоморфологических элементов:

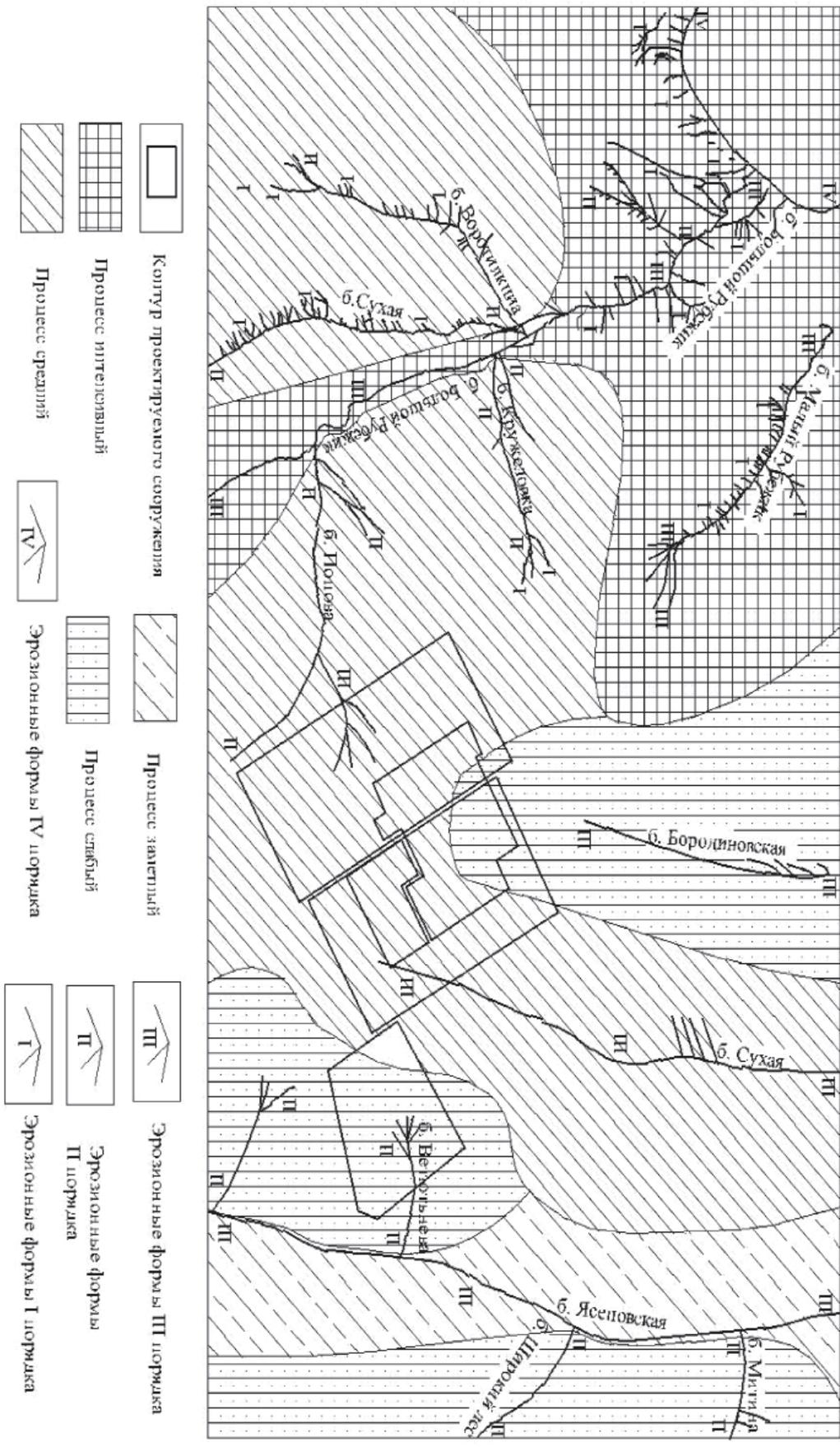
- ниже-верхнечетвертичной эолово-делювиальной платообразной равнине с овражно-балочным расчленением на сложно-дислоцированном палеозойском пластовом основании (vdQ_{I-III});

- плиоцетчетвертичной полигенетической платообразной равнине с ложино-балочным расчленением и просадочными формами рельефа на пластовом неогеновом основании ($N_2 - Q$);

- верхнечетвертичной и современной аллювиально-делювиальной первой надпойменной и пойменной террас балок [7].

Абсолютные отметки площадки изменяются в широких пределах от 73,13 до 132,2 м.

На участке проектируемого строительства наибольшее распространение получила линейная эрозия – мощный рельефообразующий процесс, в результате которого на поверхности суши образуются специфические, отрицательные линейные формы различных порядков. Эрозионные формы высших порядков являются следствием эрозионной работы рек. Вторичные эрозионные образования формируются временными потоками дождевых и талых вод на склоновых водосборах, в днищах и по бортам балок, рек и определяют дальнейшее развитие эрозионной сети. Овражно-балочная сеть участка изысканий сформирована эрозионной деятельностью р. Кундрючьей, которая в данной системе является эрозионной формой самого высокого IV порядка (рис. 1). Эрозионные формы III порядка представлены правыми притоками р. Кундрючьей и Сев. Донца – пятью крупными балками, Большой и Малый Рубежик, Ясеновская, Сухая и Бородиновская. Эрозионные формы II порядка связаны с балками Большой Рубежик и Ясеновская. Балка Большой Рубежик принимает балки-притоки: Попова, Кружеловка (правые), Сухая, Вортилкина, Костылева (левые). Для всех балок характерна интенсивная боковая и глубинная эрозия в виде извилистых оврагов с отвершками. В балку Ясеновскую открываются балки-притоки: Широкий лес и Митина (правые притоки); балка Ветотьева (левый приток) [9].



В концептуальную модель развития процессов линейной эрозии на территории площадки изысканий включены следующие природные факторы:

- 1) энергия водных потоков (дождевых и талых вод);
- 2) фильтрационные свойства грунтов;
- 3) морфометрия основных элементов эрозионной сети;
- 4) эрозионная устойчивость пород (размываемость и размокаемость).

1. Энергия водных потоков (дождевых и талых вод)

Ниже приведена краткая характеристика перечисленных факторов.

Энергия водных потоков (дождевых и талых вод) определяется климатическими условиями. Отрыв частиц почв и пород от грунтовой толщи и их дальнейшее перемещение вниз по склону определяется кинетической энергией дождевых капель. Кроме того, атмосферные осадки формируют положительную составляющую в водном балансе склоновых потоков и усиливают их транспортирующую способность. Терминальная скорость падения дождевых капель зависит от их размеров и изменяется от 1–2 до 9 м/с. Установлено, что с увеличением интенсивности дождя возрастает средний диаметр капель. Одной из эмпирических характеристик эрозионного потенциала осадков служит эрозионный индекс дождей [10]. В пределах Европейской части России эрозионный индекс изменяется от нескольких единиц до 100. Его значения для территории района работ составляют 9–10, что оценивается как низкий индекс [10]. Следовательно, климатический фактор в процессе развития линейной эрозии существенного влияния не оказывает.

2. Рельеф

Энергия рельефа земной поверхности в значительной степени влияет на количество стекающей по склону воды и ее скорость. Интенсивность смыва почв и пород находятся в зависимости от следующих морфологических параметров балок и оврагов: длины, крутизны, формы склонов, а также высоты водоразделов относительно местного базиса эрозии [10].

Известно, что на склонах с крутизной до 2° перемещение рыхлого материала идет слабо, промоины образуются редко. При крутизне склонов от 2 до 5° размыв пород увеличивается. Крутизна склонов от 4 до 8° обеспечивает достаточно заметное и повсеместное развитие овражной и плоскостной эрозии. Наибольшая активность процессов наблюдается на склонах с крутизной более 8°, в пределах которых происходит интенсивное преобразование многочисленных промоин в овраги [10].

Большинство балок на участке работ имеют крутизну склонов выше 8°. Исклю-

чение составляют балки Широкий лес, Ясеновская, Кружеловка, Сухая и Митино. Крутизна их склонов изменяется от 6 до 7°. Таким образом, крутизна склонов практически всех изученных эрозионных форм II и III порядков способствует интенсивному развитию плоскостного смыва и эрозии.

Скорость поверхностных потоков определяется высотой водоразделов относительно местного базиса эрозии. Отмечается существенный перепад значений превышения высот водоразделов над местным базисом эрозии на участке проектирования. Он составляет от 40 до 135 м.

Известно, что при увеличении длины склона в 2 раза смыв пород возрастает в 1,5 раза [4]. На склонах большой протяженности наблюдается нарастание кинетической энергии водного потока. В пределах участка работ длина склонов балок весьма значительна от 500 м (б. Костылева) до 5000 м (б. Ясеновская и большой Рубежик).

Соотношение процессов эрозии и аккумуляции перемещенных пород контролируется формой продольного профиля склона. Наиболее эрозионно-опасными являются выпуклые склоны. Такая форма склонов характерна для балок, расположенных в северной части планшета. Большинство балок, расположенных в южной части участка, находятся на завершающей стадии развития. Это выражается в постепенном удлинении вогнутой верхней части и сокращении выпуклой нижней части профиля.

Следовательно, рельеф участка проектируемого строительства по большинству перечисленных выше морфологических характеристик создает благоприятные условия для интенсивного развития процесса линейной эрозии.

3. Геологическое строение

Интенсивность образования эрозионных форм и высокая динамичность их изменений наблюдается в тех случаях, когда склоны и водоразделы сложены мощными толщами дисперсных легко размываемых пород, обладающих значительной водопроницаемостью, низкой плотностью, с преобладанием тонких фракций в гранулометрическом составе [4]. На таких участках формируются глубокие овраги, что существенно увеличивает энергию рельефа, и показатели пораженности территории имеют высокие значения. Присутствие в породах пылеватых и глинистых фракций облегчает их транспортировку во взвешенном состоянии, а для смыва более крупных частиц необходима дополнительная кинетическая энергия потока.

Изучаемая площадка сложена четвертичными и неогеновыми отложениями. Современные отложения представлены почвой (eQ_{IV}), ниже которой залегают покровные лессовидные суглинки, реже глины (vQ_{I-III}), супеси (vQ_{I-II}),

пески. В гранулометрическом составе всех пород преобладают пылеватая и глинистая фракции; породы имеют малую плотность. Мощность дисперсных пород изменяется от 2,0–6,0 до 30,0–50,0 м, реже она больше. Таким образом, геологическое строение участка проектируемого строительства по совокупности факторов способствует развитию и интенсивному проявлению эрозионных процессов [6].

Особое место в исследованиях опасных экзогенных процессов уделяется созданию

методик оценки интенсивности их проявления и прогноза дальнейшего развития. Для выявления пространственных закономерностей и степени активности проявления процессов линейной эрозии предлагается комплексный учет всех описанных выше природных факторов, которые оцениваются по 4-балльной системе с присвоением каждому баллу соответствующей градации. Балльная оценка каждого природного фактора, рассмотренного выше, приведена в табл. 1.

Таблица 1

Количественная оценка природных факторов развития эрозионных процессов

№ п/п	Название фактора	Диапазоны критериев	Название градации	Балл
1	Эрозионный индекс дождей	1–25	Очень низкий	1
		26–50	Низкий	2
		51–75	Средний	3
		< 75	Высокий	4
2	Крутизна склонов, град	5 до 7°	Процесс слабый	1
		8 до 10°	Процесс заметный	2
		11–13°	Процесс интенсивный и повсеместный	3
		> 13°	Процесс быстрого роста оврагов	4
3	Высота базиса эрозии, м	< 40	Процесс слабый	1
		40–70	Процесс заметный	2
		71–100	Процесс средний	3
		> 100	Процесс интенсивный	4
4	Длина склона, м	500	Процесс слабый	1
		501–2000	Процесс заметный	2
		2001–3500	Процесс средний	3
		> 3500	Процесс интенсивный	4
5	Форма склонов	Вогнутая	Процесс слабый	2
		Выпуклая	Процесс интенсивный	4
6	Мощность размываемых пород, м	< 15	Процесс слабый	1
		16–30	Процесс заметный	2
		31–45	Процесс средний	3
		> 45	Процесс интенсивный	4
7	Гранулометрический состав: преобладающие фракции, мм	1–0,10	Процесс слабый	1
		0,05–0,01; 0,1–0,05	Процесс заметный	2
		0,01–0,005	Процесс средний	3
		< 0,005; 0,01–0,005	Процесс интенсивный	4
8	Коэффициент фильтрации, м/сут	< 0,33	Процесс слабый	1
		0,34–0,73	Процесс заметный	2
		0,73–1,13	Процесс средний	3
		> 1,33	Процесс интенсивный	4
9	Количество оврагов и отвершков, ед	< 18	Процесс слабый	1
		19–36	Процесс заметный	2
		37–55	Процесс средний	3
		> 55	Процесс интенсивный	4
Всего баллов		13–36		
	13–18	Процесс слабый		
	19–24	Процесс заметный		
	25–30	Процесс средний		
	> 30	Процесс интенсивный		

Таблица 2

Значения суммарного критерия и характеристика градации эрозионного процесса

№ п/п	Название эрозионной формы	Порядок эрозионной формы	Количество баллов	Характеристика градации
1.	Р. Кундрючья	IV	> 30	Процесс интенсивный
2.	Б. Большой рубежик	III	> 30	Процесс интенсивный
3.	Б. Малый Рубежик	III	> 30	Процесс интенсивный
4.	Б. Ясеновская	III	20	Процесс заметный
5.	Б. Сухая	III	15	Процесс слабый
6.	Б. Бородиновская	III	17	Процесс слабый
7.	Б. Попова	II	25	Процесс средний
8.	Б. Кружеловка	II	27	Процесс средний
9.	Б. Сухая	II	26	Процесс средний
10.	Б. Воротилкина	II	27	Процесс средний
11.	Б. Костылева	II	25	Процесс средний
12.	Б. Широкий Лес	II	14	Процесс слабый
13.	Б. Митина	II	14	Процесс слабый
14.	Б. Ветотьева	II	14	Процесс слабый

Выделенные эрозионные формы II и III порядков оцениваются суммой набранных баллов по каждому фактору. Результаты приведены в табл. 2.

Районирование территории по степени интенсивности развития процессов овражной эрозии и плоскостного смыва приведено на рисунке.

Выводы

1. В геоморфологическом отношении площадка проектируемого строительства расположена в пределах трех геоморфологических элементов и в соответствии с принятой классификацией сложности инженерно-геологических условий оценивается как сложная [5]. Особенностью геоморфологии площадки является наличие многочисленных форм линейной эрозии в виде балок, оврагов, рытвин и промоин.

2. В пределах участка изысканий по степени интенсивности развития процессов овражной эрозии и плоскостного смыва четко выделяются два района: с интенсивным и средним проявлением процесса; с заметным и слабым проявлением процесса. Первый район занимает северную часть планшета; второй – расположен в южной части района работ. В целом площадку проектируемого строительства можно отнести к территории с высоким потенциалом развития овражно-балочной эрозии. Это обусловлено следующими природными факторами: преобладанием в геологическом разрезе мощной толщи легко размываемых и размокаемых дисперсных

отложений со структурно-неустойчивыми связями; интенсивной эрозионной деятельностью р. Кундрючья, сформировавшей сеть балок и оврагов выпуклой формы, с крутыми склонами и значительной глубиной базисов эрозии.

3. После ввода в эксплуатацию ГРЭС, технологический процесс которой предусматривает большое потребление воды и безвозвратные ее потери, на площадке могут сформироваться временные водоносные горизонты техногенного происхождения. Для предупреждения подъема уровня грунтовых вод и процесса подтопления участка изысканий следует предусмотреть создание в районе с интенсивным и средним проявлением процессов эрозии на этапе строительства дополнительных рубежей стока, концентрирующих потоки дождевых и талых вод, перераспределение стока на водосборе, использование балок в качестве природных дрен.

4. Сохранение растительного покрова в очагах возможного развития оврагов.

5. Для получения количественных характеристик третьей группы, обеспечивающих прогноз развития линейной эрозии и разработки противоэрозионных мероприятий, необходимо на завершающей стадии проектирования создание системы мониторинга в пределах балок, расположенных в непосредственной близости и попадающих в контуры проектируемых промышленных сооружений и золоотвала ГРЭС, а именно, балки Ветотьева, Сухая (III порядок), Попова.

Список литературы

1. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. ГОСТ 5180-84. – Введ. 1985-01-07. – М.: Стандартиформ, 2005. – 21 с.
2. Грунты. Методы лабораторного определения зернового (гранулометрического) состава. ГОСТ 12536-79. – Введ. 1980-01-07. – М.: Стандартиформ, 2008. – 21 с.
3. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ. М., 2004.
4. Зорина Е.Ф. Овражная эрозия: закономерности и потенциал развития. – М.: ГЕОС, 2003. – 170 с.
5. Инженерно-геологические изыскания для строительства. СП 11-105-97. (I часть) – Введ. 1998-01-03. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 47 с.
6. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика: учеб. для вузов. – Л.: Недра, 1977. – 479 с.
7. Молодкин П.Ф. Равнины Нижнего Дона. – Ростов-н/Д.: Изд-во РГУ, 1980. – 140 с.
8. Опасные экзогенные процессы / под ред. В.И. Осипова. – М.: Геос, 1999. – 324 с.
9. Хансварова Н.М., Шувалова Л.П., Ипаткин Н.А., Сметанина А.С. Отчет по результатам инженерно-геологических изысканий, выполненных на площадке проектируемого строительства зданий и сооружений Усть-Донецкой ГРЭС в Усть-Донецком районе Ростовской области» Книга 1. Текст отчета с приложениями. – 2009.
10. Эрозионные процессы (Географическая наука практика) / под ред. Н.И. Маккавеева и Р.С. Чалова. – М.: Мысль, 1984. – 255 с.

References

1. Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya fizicheskikh kharakteristik. GOST 5180-84. Vved. 1985-01-07. M.: Standartinform, 2005. 21 p.

2. Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya zernovogo (granulometricheskogo) sostava. GOST 12536-79. Vved. 1980-01-07. M.: Standartinform, 2008. 21 p.
3. Gradostroitelnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii ot 29.12.2004 no. 190-FZ. M., 2004.
4. Zorina E.F. Ovrazhnaya eroziya: zakonomernosti i potentsial razvitiya. M.: GEOS, 2003. 170 p.
5. Inzhenerno-geologicheskie izyskaniya dlya stroitelstva. SP 11-105-97. (I chast) Vved. 1998-01-03. M.: FGUP TsPP, 2004. 47 p.
6. Lomtadze V.D. Inzhenernaya geologiya. Inzhenernaya geodinamika: ucheb. Dlya vuzov. L.: Nedra, 1977. 479 p.
7. Molodkin P.F. Ravniny Nizhnego Dona. Rostov-n/D.: Izd-vo RGU, 1980. 140 p.
8. Opasnye ekzogennye protsessy / Pod redaktsiyey V.I. Osipova. M.: Geos, 1999. 324 p.
9. Otchet po rezul'tatam inzhenerno-geologicheskikh izyskaniy, vypolnennykh na ploshchad-ke proektiruемого stroitelstva zdaniy i sooruzheniy Ust-Donetskoy GRES v Ust-Donetskom rayone Rostovskoy oblasti» Kniga 1. Tekst otcheta s prilozheniyami. Khansivarova N.M., Shuvalova L.P., Ipatkin N.A., Smetanina A.S., 2009.
10. Erozionnye protsessy (Geograficheskaya nauka praktike) / Pod redaktsiyey N.I. Makka-veeva i R.S. Chalova. M.: Mysl, 1984. 255 p.

Рецензенты:

Беспалова Л.А., д.г.н., профессор кафедры океанологии, Институт наук о Земле, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону;

Ивлиева О.В., д.г.н., профессор, зав. кафедрой туризма, Высшая школа бизнеса, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону.