

ХАРАКТЕРИСТИКА И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЛИНЕЙНОЙ ЭРОЗИИ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СООРУЖЕНИЙ ПОВЫШЕННОГО УРОВНЯ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

CHARACTERIZATION AND QUANTIFICATION OF LINEAR EROSION FOR ENGINEERING-GEOLOGICAL SURVEYS FOR CONSTRUCTION OF STRUCTURES OF HIGH LEVEL RESPONSIBILITY

ХАНСИВАРОВА Н.М.

И.о. зав. кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии Южного федерального университета, доцент, к. г.-м.н., г. Ростов-на-Дону, n.Khansivarova@yandex.ru

СКНАРИНА Н.А.

Ведущий специалист Филиала «АИИС — Ростов-на-Дону» СРО НП «Ассоциация Инженерные изыскания в строительстве», к.т.н., г. Ростов-на-Дону, nadskn@gmail.com

KHANSIVAROVA N.M.

Acting head of the Department of Hydrogeology and Engineering Geology of Southern Federal University, associate professor, PhD (candidate of science in Physics and Mathematics), Rostov-on-Don, n.Khansivarova@yandex.ru

SKNARINA N.A.

Leading specialist of the «AIIIS — Rostov-on-Don» Branch of the «Association of Engineering Surveys in Construction» SRO NP (AIIIS), PhD (candidate of science in Technics), Rostov-on-Don, nadskn@gmail.com

Ключевые слова:

линейная эрозия; овражно-балочная система; плоскостной смыв; эрозионные формы; пораженность территории.

Key words:

linear erosion; ravine and gully system; sheet erosion; erosional forms; territory affection.

Аннотация

Приведены результаты исследований линейной эрозии на площадке проектируемого строительства Усть-Донецкой ГРЭС как важного рельефообразующего фактора. Выделены эрозионные формы I–IV порядков, приведена их краткая характеристика. Установлены количественные критерии I и II групп, оценивающие параметры основных элементов овражно-балочной сети, а также степень пораженности территории эрозионными процессами. Намечены пункты проведения мониторинга для вычисления количественных критериев III группы.

Введение

Важным рельефообразующим фактором являются процессы линейной эрозии, формирующие овражно-балочную систему. Особую актуальность исследования приобретают на территориях, сложенных дисперсными структурно-неустойчивыми грунтами. Оценка характера проявления эрозионных форм, интенсивности их развития и степени пораженности ими территории должна базироваться на количественных критериях. Они необходимы для составления прогноза, расчета риска и ущерба от опасных геологических процессов, в т.ч. от овражной эрозии и плоскостного смыва.

Методы расчета распространения и интенсивности процессов выбираются в зависимости от целей исследования. И, поскольку настоящее сообщение содержит данные о процессе, полученные на практике при инженерно-геологических изысканиях, и обращено к инженерам-геологам, связанным с производством, авторы хотели бы поделиться опытом применения наиболее простых, по их мнению, методов, которые имеют общий теоретический подход [3].

Известны многие количественные показатели и методы прогноза, в т.ч. с применением математического моделирования, при котором используются детерминированные и вероятностно-статистические модели, многомерный корреляционный анализ. Алгоритм такой оценки весьма сложен и не всегда востребован при решении производственных задач. Другие известные методы, например расчет потенциала овражной эрозии, требуют проведения дополнительных гидрометеорологических изысканий [1].

Целью настоящего исследования является изучение и оценка процесса линейной эрозии на площадке проектируемого строительства Усть-Донецкой ГРЭС как

Abstract

The article presents research results of linear erosion in the area of projected construction of Ust-Donetsk GRES as an important factor of relief formation. The erosional forms of the I-IV degrees are singled out and briefly characterized. Quantitative criteria for the I and II groups, estimating parameters of the main elements of the ravine and gully system, affection degree of the territory by erosion are determined. Monitoring points for calculation of the III group quantitative criteria are outlined.



важного рельефообразующего фактора для дальнейшего прогноза его развития. В ходе выполнения инженерных изысканий были решены следующие задачи:

- выявлены, изучены и описаны формы проявлений процесса;
- проведено ранжирование эрозионных форм (выделены I-IV порядки);
- определены количественные критерии I группы для оценки параметров основных элементов овражно-балочной сети;
- для оценки степени пораженности территории вычислены количественные критерии II группы [3].

В результате проведенных исследований намечены пункты проведения мониторинга для вычисления количественных критериев, характеризующих активность проявления процесса во времени.

Краткая характеристика основных природных факторов развития линейной эрозии в районе работ

Участок проектируемого строительства находится в Усть-Донецком районе Ростовской области на расстоянии 8 км к северу от рабочего поселка Усть-Донецкий (расстояние от этого поселка до г. Ростова-на-Дону составляет 140 км).

Климатические условия

Территория Усть-Донецкого района характеризуется благоприятным умеренно-континентальным климатом. Средняя температура воздуха в январе здесь составляет от минус 5 до минус 12 °С, в июле — от плюс 21 до плюс 25 °С. Продолжительность солнечного сияния равна 2050–2150 ч в год. Среднегодовое количество осадков составляет 424 мм. Большая часть осадков выпадает в теплое время года. Летом осадки кратковременны и имеют ливневый характер. Снежный покров устанавливается в декабре и исчезает в марте. В отдельные годы он отсутствует совершенно или держится всего несколько дней. В зимнее время выпадает 25–35% годовой суммы осадков. Эти осадки являются главным источником питания рек и подземных вод. Сухость климата и мало-снежные зимы способствуют механической дезинтеграции пород под действием перепада температур и не дают возможности для их интенсивного химического преобразования. Осадки, имеющие ливневый характер, способствуют интенсивному смыву мелкодисперсного материала. Сильные и частые ветры также разносят пылевые частицы грунтов по воздуху¹.

Неотектонические условия и геологическое строение

В пределах рассматриваемой территории выделяется три структурно-тектонических этажа: докембрийский, герцинский (палеозойский) и киммерийско-альпийский. Участок работ является частью сложной складчатой герцинской структуры, вытянутой в суб-

широтном направлении. В региональном плане он относится к срединной части Донбасса, который представляет собой сочетание двух разновозрастных структур, определяющих условия формирования геологических отложений и подземных вод. Основное территориальное положение занимает Донецкий выступ палеозойского складчатого фундамента Восточно-Европейской (Русской) платформы. Донецкий выступ (Складчатый Донбасс) представляет собой внутриплатформенное сложодислоцированное сооружение из линейно вытянутых в широтном направлении складок карбона с многочисленными разрывными нарушениями, располагающееся между двумя разломами глубокого заложения (Маньчским разломом и Северо-Донецким надвигом). Донецкий кряж в пределах нижнего Дона представлен восточными, ныне разрушенными, отрогами с плоскими междуречьями и глубокими, местами горного типа, долинами. Участок работ попадает в пределы Должанско-Садкинской синклинали. Структуры осложнены дизъюнктивными и пликтивными нарушениями².

Наличие разрывных тектонических нарушений определило рисунок речной сети и асимметричное строение большинства речных долин [2].

Тектоника в сочетании с климатическими условиями сформировала особенности рельефа и интенсивность процессов аккумуляции и денудации в современное время, когда преобладает унаследованное тектоническое поднятие со скоростью 2,6–3,0 мм/г и важнейшим рельефообразующим процессом является денудация. Вследствие этого в данной местности развивается типичная денудационно-эрозионная возвышенность.

В геологическом отношении интерес представляют отложения четвертичной системы. Они залегают на размывтой поверхности толщи скифских глин и представлены нижним, средним, верхним и современным отделами. Разрез представлен суглинками, песками, реже супесями. Мощность этих отложений изменяется в широких пределах — от 10 до 100 м и более. Более подробное описание приведено в разделе «Инженерно-геологические условия участка работ».

Геоморфологические условия

В геоморфологическом отношении район работ является частью территории Донбасса и представляет собой волнистую денудационную равнину с абсолютными отметками от 70 до 136 м, расчлененную густой овражно-балочной сетью. Денудационно-эрозионная возвышенность занимает восточную часть кряжа. Типичным для данного района является ложбинно-грядовый рельеф. Глубокая расчлененность территории (глубина местных базисов эрозии составляет 140–220 м), наличие больших площадей (более 30%) с уклонами выше 2°, быстрое весеннее снеготаяние и ливневый характер осадков обусловили активное развитие процессов смыва и размыва. На берегах рек и в балоч-

¹ По данным отчета «Региональное гидрогеологическое и инженерно-геологическое районирование в масштабе 1:200 000 южной части Ростовской области для целей мелиорации. Лист L-37-V» (Ростов-на-Дону: Волго-Донское геологическое управление, Ростовская экспедиция, 1976. Территориальные фонды. Арх № 1798).

² По данным отчета по результатам рекогносцировочного инженерно-геологического обследования конкурентных площадок «Садкинская 1», «Садкинская 2» и «Краснокурганная» под проектируемое строительство ЗАО «Новоростовская ГРЭС» в Усть-Донецком районе Ростовской области (Ростов-на-Дону: ООО «Ростгеостройпроект», 2007. Инв. № 03-2007; 04-2007).

ных долинах широко развиты овраги. Густота овражно-балочного расчленения составляет 0,7 км/км² и более [2].

Поверхность денудационной равнины расчленена долинами рек Лихая и Кундрючья и их притоками. Асимметричная террасированная долина реки Кундрючья приурочена к склонам Должано-Садкинской синклинали. Питание рек происходит главным образом за счет поверхностного стока и талых вод. В период весенних паводков расходы рек увеличиваются в 5–10 и более раз. Период весеннего половодья колеблется от нескольких суток до 1,5–2 месяцев, причем за это время реки пропускают до 90% своего годового стока. В летний и осенне-зимний периоды их расходы

сильно уменьшаются. Выпадение осадков в виде ливневых дождей приводит к кратковременным паводкам, наиболее ощутимым в узких верховьях рек и балок. Самые низкие уровни наблюдаются в конце лета. Осенью обычно происходит небольшое повышение уровня. Летом, осенью и зимой питание рек осуществляется главным образом за счет подземного стока. Мутность рек Донецкого края составляет в среднем 500–1000 г/м³ и более.

Особенности почв и растительности

Основным типом почв, распространенным на изучаемой территории, является чернозем. Наиболее часто встречаются среднемощные и мощные среднегу-

Таблица 1

Нормативные значения физико-механических свойств грунтов выделенных инженерно-геологических элементов													
№ ИГЭ	Описание ИГЭ	Влажность, %	Плотность, г/см ³			Пористость, %	Кэф-фициент пористости	Кэф-фициент водонасыщения	Предел пластичности			Показатель текучести	
			частиц грунта	грунта	сухого грунта				текучести	раскалывания	число пластичности	при природной влажности	при степени влажности $S_r = 1$
1	Суглинок тяжелый пылеватый, твердый, просадочный, незасоленный, ненабухающий	17,3	2,69	1,73	1,47	45,4	0,83	0,57	35,7	20,5	15,1	-0,22	0,70
2	Суглинок тяжелый пылеватый, твердый, просадочный, незасоленный, ненабухающий	18,9	2,69	1,80	1,51	43,9	0,78	0,65	36,4	21,2	15,2	-0,15	0,53
2а	Глина легкая пылеватая, твердая, просадочная, незасоленная, ненабухающая	20,9	2,70	1,86	1,54	43,0	0,76	0,75	42,8	24,2	18,6	-0,18	0,20
2б	Супесь пылеватая, твердая, просадочная, незасоленная, ненабухающая	11,2	2,66	1,84	1,65	38,0	0,61	0,48	18,7	12,8	6,5	-0,40	1,65
3	Супесь пылеватая, твердая, непросадочная, незасоленная, ненабухающая	10,0	2,66	1,91	1,74	34,5	0,53	0,50	17,5	11,8	5,6	-0,31	1,48
3а	Песок пылеватый, однородный, плотный, малой степени водонасыщения, незасоленный, с прослоями супеси	8,3	2,65	2,01	1,86	29,7	0,42	0,50	-	-	-	-	-
4	Суглинок тяжелый пылеватый, твердый, непросадочный, незасоленный, ненабухающий	20,5	2,69	1,95	1,62	39,9	0,67	0,83	36,4	21,0	15,4	-0,04	0,24
4а	Глина легкая пылеватая, твердая, непросадочная, незасоленная, ненабухающая	21,7	2,70	1,95	1,61	40,6	0,69	0,86	42,4	24,0	18,4	-0,13	0,07
4б	Супесь пылеватая, пластичная, непросадочная, незасоленная, ненабухающая	20,3	2,66	1,96	1,67	37,3	0,60	0,85	23,5	17,9	5,6	0,04	0,80
5	Песок пылеватый, однородный, плотный, насыщенный водой, незасоленный, с прослоями суглинисто-глинистого грунта	20,1	2,65	2,02	1,68	36,5	0,58	0,92	-	-	-	-	-
6	Глина тяжелая, твердая, непросадочная, незасоленная, набухающая	21,6	2,75	2,00	1,65	39,9	0,67	0,89	51,7	22,7	29,0	-0,04	0,06



мусовые черноземы в основном тяжелосуглинистого и легкосуглинистого механического состава на четвертичных желто-бурых суглинках или глинах. Средняя мощность гумусового горизонта (A+AB) — 75 см. В долинах рек развиты сочетания луговых, аллювиально-луговых, лугово-болотных почв в комплексе с луговыми солонцами и солончаками. На древних аллювиальных террасах балок представлены песчаные и супесчаные черноземовидные почвы (серопески), слабогумусированные пески в сочетании с полугидроморфными и гидроморфными почвами.

Зональным на исследуемой территории является степной тип растительности. Наиболее характерными чертами естественной растительности являются ксерофитность травостоя, обилие жизненных форм, видовое богатство, сложное ярусное строение. Широким распространением пользуются узколистные ксерофитные дерновинные злаки (ковыли, мятлики, овсяницы, в т.ч. типчак) с разветвленной корневой системой. Развита и корневищная ксерофиты (волоснецы, пырей). Иногда встречаются и эфемероидные злаки (мятлик луковичный) и эфемеры.

Среди интразональных типов растительности значительные площади занимают луга. В пойме Северного Донца располагаются незасоленные и засоленные луга со средней степенью увлажнения. Основу травостоя на них составляют мезофильные злаки (пырей, овсяница луговая, полевица, мятлик луговой)¹.

Инженерно-геологическая характеристика участка работ

Площадка изысканий занимает водораздельное пространство между реками Дон и Северный Донец. В геоморфологическом отношении площадка проектируемого строительства расположена в пределах трех геоморфологических элементов:

- ниже-верхнечетвертичной эолово-делювиальной платообразной равнины с овражно-балочным расчленением на сложнорасчлененном палеозойском пластовом основании (vdQ_{I-III});
- плиоцен-четвертичной полигенетической платообразной равнины с ложинно-балочным расчленением и просадочными формами рельефа на пластовом неогеновом основании (N₂-Q);
- верхнечетвертичных и современных аллювиально-делювиальных первых надпойменных и пойменных террас балок³.

Абсолютные отметки площадки изменяются в широких пределах — от 73,1 до 132,2 м.

В соответствии с ГОСТ 25100-95 четвертичные и неогеновые отложения, вскрытые на площадке, относятся к классам техногенных дисперсных грунтов и природных связных и несвязных дисперсных грунтов осадочного генезиса преимущественно с механическими и водно-коллоидными структурными связями.

Таблица 2

Гранулометрический состав глинистых грунтов выделенных инженерно-геологических элементов, %					
№ ИГЭ	Размер частиц, мм				
	1–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	<0,005
1	2,7	7,2	29,1	9,1	51,9
2	1,9	5,6	32,1	8,9	51,5
2а	2,2	5,9	27,0	6,8	58,1
2б	6,4	12,5	29,5	12,2	39,4
3	7,7	13,4	43,5	5,8	29,6
4	5,1	6,9	25,6	11,6	50,8
4а	1,6	9,7	20,9	11,4	56,4
4б	10,8	11,6	40,3	14,1	23,2
6	4,6	2,0	13,6	9,8	70,0

Таблица 3

Гранулометрический состав песчаных грунтов выделенных инженерно-геологических элементов, %							
№ ИГЭ	Размер частиц, мм						
	>5	5–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	<0,1
3а	-	1,9	2,0	1,2	20,9	46,3	27,7
5	-	1,0	0,8	2,4	23,0	44,7	28,1

К специфическим отнесены структурно-неустойчивые лессовидные просадочные грунты инженерно-геологических элементов (ИГЭ) 1 и 2. Литологически они представлены тяжелыми пылеватыми суглинками и легкой глиной, погребенной под суглинисто-глинистой почвой. Тип грунтовых условий по просадочности — второй. Физико-механические свойства выделенных ИГЭ и их гранулометрический состав приведены в табл. 1, 2, 3.

Согласно гидрогеологической карте территория относится к комплексу спорадически обводненных ниже-верхнечетвертичных эолово-делювиальных отложений (vdQ_{I-III}). Грунтовые воды приурочены к толще суглинков, в которых иногда встречаются прослойки песков и супесей. В зависимости от гранулометрического состава пород в толще суглинков развиты 2–3 водонасыщенных слоя общей мощностью до 18,8 м. Грунтовые воды залегают на глубине 1,5–18,7 м. Коэффициенты фильтрации отложений преимущественно составляют 1,2–1,7 м/сут, водопроницаемость — 10–20 м²/сут. Региональным водоупором служит толща скифских глин верхнего плиоцена (N₂³_{sk}). Глубина залегания кровли глин колеблется в широких пределах (от 2 до 30 м), она уменьшается от водоразделов к долинам рек. Район относится к области формирования грунтовых и распространения напорных вод. Пьезометрическая поверхность напорных вод расположена ниже уровня грунтовых вод более чем на 16 м⁴.

³ По данным книги 1 отчета по результатам инженерно-геологических изысканий, выполненных на площадке проектируемого строительства зданий и сооружений Новоростовской ГРЭС в Усть-Донецком районе Ростовской области (Хансаварова Н.М., Шувалова Л.П., Ипаткин Н.А., Сметанина А.С. Ростов-на-Дону, 2009).

⁴ По данным отчета «Доизучение гидрогеологических условий в масштабе 1:200 000 площади листа L-37-V (Шахты)». (Воробьева Е.Д. Отчет гидрогеологической партии за 1984–1988 гг. Территориальные фонды. Арх. № 16852).

Объект исследований

На участке проектируемого строительства наибольшее распространение получила линейная эрозия — мощный рельефообразующий процесс, в результате которого на поверхности суши возникают специфические отрицательные линейные формы различных порядков. Формы проявления линейной эрозии связаны с эрозионной работой реки Кундрючья, а также временными потоками дождевых и талых вод на склоновых водосборах, в днищах и бортах балок.

В настоящем разделе приведены результаты, полученные в ходе маршрутных наблюдений при проведении инженерно-геологической съемки и дешифрирования топооснов масштабов 1:200 000 и 1:2000. Это первичная геологическая информация, которая представляет собой показатели первой группы [3]. К ним относятся параметры балок и оврагов: длина, ширина, глубина, объем, количество отвершков, расстояние от вершины оврага до ближайшего (местного) водораздела, превышение дна оврага над местным базисом эрозии. Ниже приводится краткое описание структуры единой овражно-балочной сети площадки изысканий и прилегающей территории.

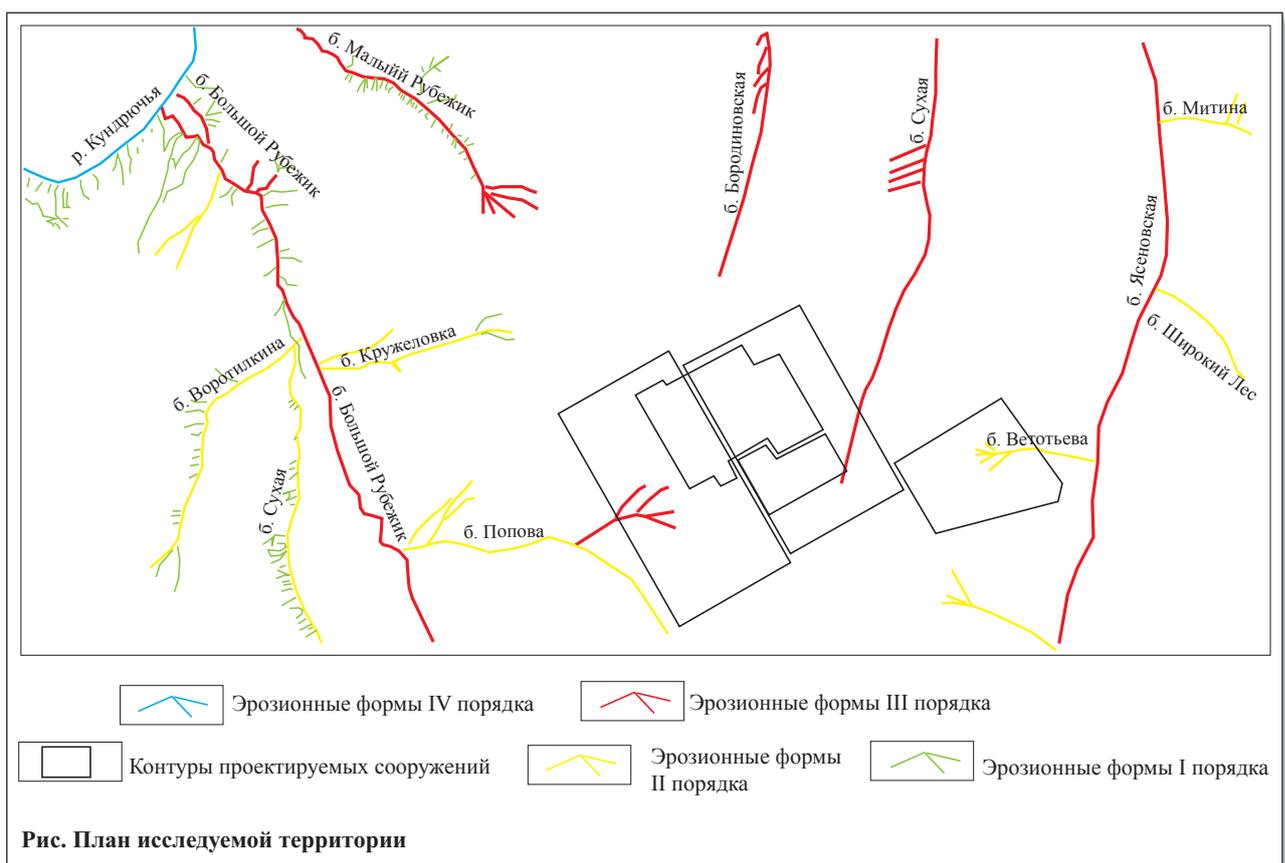
В рельефе площадки выделяются две ярко выраженные зоны линейных эрозионных форм, не закончивших свое развитие и продолжающих трансформировать свой водосборный бассейн (см. рисунок). Условно их можно назвать северной и южной зонами. Они простираются в широтном направлении с юго-запада на северо-восток и выходят за пределы участка изысканий. Выделенные эрозионные зоны являются частью единой овражно-балочной сети, сформированной эрозионной деятельностью реки Кундрючья, которая в

данной системе является эрозионной формой самого высокого, четвертого, порядка [1]. В пределах участка работ вдоль всего правого крутого берега реки вниз по ее течению наблюдаются классические линейные эрозионные формы — промоины и водороины. Их длина достигает десятков метров. Имеются единичные мелкие и средние овраги, к которым приурочены конусы выноса в виде осыпей. Третий порядок представлен четырьмя крупными балками (Большой Рубежик, Малый Рубежик, Ясеновская, Сухая), которые и образуют северную и южную эрозионные зоны.

Кроме описанных выше основных элементов овражно-балочных систем имеется балка Бородиновская, обособленно (вне вышеуказанных условно выделенных зон) расположенная в крайней восточной части участка изысканий. Она проходит завершающую стадию развития, расположена на значительном расстоянии от проектируемых сооружений и не представляет угрозы для их строительства и эксплуатации.

Северная овражно-балочная система связана с балкой Большой Рубежик. Устье балки привязано к реке Кундрючья. Ее борта асимметричны, на них отмечается овражная эрозия в активной стадии формирования — от промоины глубиной 0,5–1,0 м до ускоренного врезания оврага вершиной. Овраги узкие, осложненные отвершками, с крутыми, нередко оголенными склонами. Длина оврагов достигает нескольких сотен метров. Ближе к западной границе участка ширина днища достигает 400 м, форма становится вогнутой, борта балки выполаживаются и задерновываются.

Южнее балки Большой Рубежик с запада на восток простирается следующая эрозионная форма северной эрозионной зоны — балка Малый Рубежик, уходящая за пределы восточной границы участка. Борта ее кру-





тые, правый склон осложнен оврагами средних размеров, в пределах левого отмечаются многочисленные промоины и водородины.

Эрозионные формы второго порядка северной зоны представлены следующими балками-притоками балки Большой Рубежик: Попова, Кружеловка (правые притоки), Сухая, Воротилкино, Костылева (левые притоки). Продольный профиль балки Попова спрямлен, а в пределах контуров проектируемых сооружений промплощадки ее вершина разделяется на отвершки и выполаживается. В устьевой и средней частях правого борта имеются мелкие овраги, которые находятся в начальной стадии формирования. Балка Кружеловка имеет асимметричную форму, расположена в 1,5 км восточнее балки Попова. Ее вершина представлена тремя пологими отвершками. Крутой левый борт на всем своем протяжении изрезан многочисленными мелкими и средними оврагами, большая часть которых проходит стадию активного вреза оврага вершиной.

Левые притоки балки Большой Рубежик имеют общие черты морфологического строения. Балка Сухая — наиболее крупный левый приток — простирается в широтном направлении в северо-западной части участка. В летнее время ее днище сухое, а в межсезонный период атмосферные осадки формируют временные водотоки, которые выносятся за пределы эрозионного вреза размытый и поступивший со склонов материал. Для всех трех левых балок-притоков характерно асимметричное строение — с более крутыми левыми и пологими правыми бортами. По левым бортам балок наблюдается боковая эрозия в виде промоин и водородин, вмещающих конусы выноса в виде осыпей. В привершинных частях балок Воротилкино и Костылева расположены крупные узкие овраги с отвесными оголенными откосами, осложненными отвершками. Характерной особенностью всех описанных балок является интенсивное развитие не только склоновой, но и донной эрозии, которая проявляется в виде извилистых донных оврагов с отвершками в более крутых левых бортах балок.

Типичные склоновые овраги северной зоны имеют морфометрически выраженные водосборы, представляющие собой эрозионные линейные формы первого порядка. Длина оврагов составляет не менее 70 м, глубина — не менее 1,5 м. Конусы выноса овражных форм в основном представляют собой типичные аккумулятивные формы, поднимающиеся над отметками окружающей поверхности. В привершинной части оврагов отмечаются отвесные крутые склоны, которые опираются на днища балок. Породы конусов выноса в периоды половодья или с потоками ливневых вод транспортируются вниз по балкам.

Основными эрозионными формами южной зоны являются балки Ясеновская (правый приток реки Кундюря) и Сухая (правый приток реки Северный Донец). Они относятся к эрозионным формам третьего порядка. Следует отметить, что эрозионные формы второго и третьего порядков южной и северной зон проходят разные стадии развития. Это проявляется в различиях в морфометрии продольных и поперечных профилей основных балок. Так, балки Ясеновская и Сухая имеют вогнутые днища с сечениями трапецевидной формы. В привершинной части балки Ясеновская в непосредственной близости от контуров проектируемого золо-

отвала расположен небольшой левый отвершек. На всем протяжении его русла наблюдаются продукты разрушения его склонов. К западной границе участка балка полностью выполаживается. В крайней южной части площадки изысканий балка Ясеновская принимает два правых притока — балки Широкий Лес и Митина. Они являются эрозионными формами второго порядка. В пределах участка находятся лишь устья этих балок.

Эрозионные формы второго порядка представлены левым притоком балки Ясеновская — балкой Ветотьева, которая попадает в контур проектируемого золоотвала ГРЭС. Вершина ее вреза осложнена тремя отвершками. К устью ее склоны выполаживаются и зарастают. Регрессия балки завершается, но со стороны ее вершины могут происходить углубление, расширение площади и рост объема.

Таким образом, элементы овражно-балочной сети южной зоны находятся на завершающей стадии образования, характеризующейся затуханием процессов глубинной и боковой эрозии и формированием выработанного продольного профиля. Для большинства балок второго и третьего порядков овражно-балочной системы северной зоны продольные профили и склоны достигли некоторого равновесия. Однако это не исключает возможности начала появления и развития склоновой эрозии в виде оврагов.

Параметризация линейной эрозии

Анализ результатов развития линейной эрозии, как было указано выше, основывался на известных количественных критериях, условно разделенных на три группы [3].

Показатели первой группы, характеризующие формы проявления линейной эрозии, приведены в табл. 4.

Показатели второй группы характеризуют пораженность территории и представлены тремя коэффициентами пораженности — площадным, линейным и частотным. Значения данных коэффициентов для площадки изысканий:

коэффициент	значение
площадной	0,001
линейный	0,61
частотный	0,00018

Эти коэффициенты впервые применены для оценки пораженности территории, сложенной дисперсными структурно-неустойчивыми грунтами. Поскольку методика не использует каких-либо градаций степени пораженности, рассчитанные коэффициенты, по мнению авторов, представляют интерес для изучения инженерно-геологических условий различных регионов и могут быть приняты только в качестве исходных при исследовании эрозионных процессов на других участках проектируемых строительных объектов.

Для определения показателей третьей группы необходимо создание системы мониторинга, который рекомендуется провести на завершающей стадии проектирования. Показатели данной группы характеризуют развитие процессов во времени и динамику их проявлений. В процессе мониторинга должны быть получены следующие параметры:

Таблица 4

Количественные показатели процесса линейной эрозии первой группы								
Порядок	Эрозионная форма	Длина, м	Ширина, м	Глубина, м	Количество оврагов и отвершков	Расстояние от вершины до ближайшего водораздела, м	Крутизна склонов, град.	Превышение дна над местным базисом эрозии, м
IV	р. Кундрючья	1 900	250	-	10	-	25	-
III	б. Большой Рубежик	4 500	25–200	до 30	75*	500	12	135
	б. Малый Рубежик	2 500	25–125	до 20	37*	2 500	19	75
	б. Ясеновская	5 000	200–250	до 30	11	500	6	135
II	б. Попова	2 000	1–50	до 20	20*	2 000	12	85
	б. Кружеловка	1 500	1–40	до 15	17*	1 500	7	85
	б. Сухая	2 000	1–50	до 25	42*	300	6	65
	б. Воротилкина	1 500	1–50	до 15	24*	300	10	85
	б. Костылева	500	1–30	до 20	17*	1 100	11	40
	б. Широкий Лес	1 000	1–50	до 15	-	300	5	85
	б. Митина	1 000	1–30	до 15	2	200	6	85
	б. Ветотьева	800	1–50	до 15	4	2 000	10	85

* В балках помимо склоновой идет развитие глубинной эрозии.

- региональные (за год): количество образовавшихся оврагов, число активизировавшихся оврагов, количество активных оврагов, коэффициент активности овражной эрозии;
- локальные (за год): приращение длины, глубины, объема оврага, скорость его роста в длину, ширину, глубину.

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 [4]. Особенностью геоморфологии площадки является наличие многочисленных форм линейной эрозии в виде балок, оврагов, рытвин и промоин.

2. Овражно-балочная сеть участка изысканий сформирована эрозионной деятельностью реки Кундрючья, которая в данной системе является эрозионной формой самого высокого, четвертого порядка. Эрозионные формы третьего порядка представлены правыми притоками рек Кундрючья и Северный Донец — такими пятью крупными балками, как Большой Рубежик, Малый Рубежик, Ясеновская, Сухая, Бородиновская, первые четыре из которых образуют две условные эрозионные зоны — северную и южную.

3. Северная овражно-балочная система связана с балкой Большой Рубежик, которая на своем протяжении принимает балки-притоки — Попова, Кружеловка (правые), Сухая, Воротилкина, Костылева (левые). Для всех балок характерна интенсивная боковая и глубинная эрозия с образованием извилистых оврагов с отвершками.

4. Основными формами линейной эрозии южной зоны являются балки Ясеновская и Сухая. В первую открываются балки Широкий Лес, Митина (правые притоки) и Ветотьева (левый приток). Балки-притоки образуют эрозионные формы третьего порядка.

5. Овражно-балочные системы северной и южной зон проходят разные стадии развития. Все балки юж-

ной зоны, кроме балки Ветотьева, проходят завершающий этап развития, соответствующий выработке профиля равновесия. Однако это не исключает возможность появления новых и роста старых эрозионных форм при антропогенном освоении участка изысканий. Эрозионные формы второго порядка северной зоны имеют признаки стабилизации или окончания развития (такие как зарастание склонов, выработка профиля равновесия). Для эрозионных форм третьего порядка, представленных, например, балкой-притоком Большой Рубежик, характерно интенсивное развитие овражных форм и появление новых эрозионных врезов.

6. Участок изысканий относится к территории с высоким потенциалом развития овражно-балочной эрозии вследствие благоприятных природных факторов. К ним относятся: значительная глубина базисов эрозии, выпуклая форма склонов долин реки Кундрючья и балок второго порядка; крутизна склонов большинства балок северной зоны, превышающая 8°, а также значительная размываемость лессовых суглинков, слагающих склоны.

7. Получены количественные показатели первой и второй группы, оценивающие характер и распространение процессов линейной эрозии. Для определения показателей третьей группы необходимо создание системы мониторинга. Точки наблюдения следует расположить в контурах проектируемых сооружений ГРЭС в пределах форм линейной эрозии второго, третьего и четвертого порядков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зорина Е.Ф. Овражная эрозия: закономерности и потенциал развития. М.: ГЕОС, 2003. 170 с.
2. Молодкин П.Ф. Равнины Нижнего Дона. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1980. 140 с.
3. Опасные экзогенные процессы / под ред. В.И. Осипова. М.: Геос, 1999. 324 с.
4. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ. М.: Госстрой России, 1997.