



10. Lisienkova L. Assessing the Compliance of Extrusion Foamed Polystyrene Production with the Environmental Standards Requirements / L. Lisienkova, L. Nosova, T. Shindina // Civil Engineering Journal. – 2022. – № 8. – Pp. 2305–2317. – DOI 10.28991/CEJ-2022-08-10-018.
11. Tukhtamov I. Improving the effectiveness of explosives using a dispersed air gap / I. Tukhtamov, N. Beisebaev, B. Bazhanov, A. Orynbay, A. Shampikova // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 168. – Pp. 00017. – DOI 10.1051/e3sconf/202016800017.
12. Ferella F. New scrubber for air purification: abatement of particulate matter and treatment of the resulting wastewater / F. Ferella, S. Zueva, V. Innocenzi // June 2018 International journal of Environmental Science and Technology. – 2019. – № 16(3). – Pp. 1677–1690.

© Л. Н. Лисиенкова, Л. С. Носова, Е. В. Баранова

Ссылка для цитирования:

Лисиенкова Л. Н., Носова Л. С., Баранова Е. В. Методика оценки соответствия производства строительных материалов экологическим требованиям // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 2 (44). С. 61–66.

УДК 622.1:622.271

DOI 10.52684/2312-3702-2023-44-2-66-71

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЗОЛОТВАЛА
ГОСУДАРСТВЕННОЙ РАЙОННОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

А. А. Мухин, А. Э. Харламова

Мухин Андрей Александрович, кандидат биологических наук, доцент кафедры инженерных систем и экологии, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: +7 (906) 459-90-61; e-mail: and-mu@mail.ru;

Харламова Анна Эдуардовна, старший преподаватель кафедры пожарной безопасности и водопользования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: +7 (917) 095-00-72; e-mail: usynina1987@gmail.com;

Лукичева Ирина Вячеславовна, главный технолог-эколог, Астрводоканал, г. Астрахань, тел.: +7 (961) 799-54-96; e-mail: lukicheva@astrvodokanal.ru

В данной статье представлен анализ экологического мониторинга влияния золоотвала на состояние растительности, животного мира и почвенных ресурсов до проведения его реконструкции. В работе приведена оценка почвы с целью определения ее качества и степени безопасности для человека. Изучен гранулометрический состав и солевое состояние почв, а также проанализировано содержание валовых форм тяжелых токсичных металлов в исследуемых образцах почвы. Предполагаемое использование территории золоотвалов в качестве прудов-испарителей со сбросом воды от парогенераторных установок предопределяет необходимость защиты прилегающих территорий в связи с тем, что со всех сторон, исключая восточную часть, не отвечает нормативным требованиям п. 4.2 [1] в части ширины санитарно-защитной зоны. Необходимо дальнейшая разработка мероприятий и рекомендаций по снижению химических и биологических загрязнений согласно аналитическим данным современных условий эксплуатации техногенного объекта с целью оценки состояния рекультивированных участков территории и подтверждения стабильности ее состояния.

Ключевые слова: золоотвал, экологический мониторинг, экосистема, пруд-испаритель.

THE CURRENT ECOLOGICAL STATE OF THE ASH DUMP OF THE STATE REGIONAL POWER PLANT

A. A. Mukhin, A. E. Kharlamova

Mukhin Andrey Aleksandrovich, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Engineering Systems and Ecology, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, phone: +7 (906) 459-90-61; e-mail: and-mu@mail.ru;

Kharlamova Anna Eduardovna, Senior Lecturer of the Department of Fire Safety and Water Use, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, phone: +7 (917) 095-00-72; e-mail: usynina1987@gmail.com

This article presents an analysis of the environmental monitoring of the impact of the ash dump on the state of vegetation, wildlife and soil resources before its reconstruction. The paper presents an assessment of the soil in order to determine its quality and degree of safety for humans. The mechanical composition and salt state of soils were studied, and the content of gross forms of heavy toxic metals in the studied soil samples was analyzed. The proposed use of the ash dump area as evaporation ponds with water discharge from steam generator sets determines the need to protect adjacent territories due to the fact that from all sides, excluding the eastern part, does not meet the regulatory requirements of clause 4.2 [1] in terms of the width of the sanitary protection zone. It is necessary to further develop measures and recommendations to reduce chemical

and biological pollution according to the analytical data of modern operating conditions of a man-made facility in order to assess the condition of reclaimed areas of the territory and confirm the stability of its condition.

Keywords: ash dump, environmental monitoring, ecosystem, evaporation pond.

Объектом исследования является электростанция, предметом исследования – техногенные ландшафты (золошлакоотвалы).

Цель исследования – произвести анализ экологического состояния почвенных ресурсов территории золошлакоотвала и прилегающей территории. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: произвести описание видового состава древесных пород, травянистой растительности и животного мира; определить гранулометрический состав и солевое состояние исследуемых почв, типы засоления почвы, а также содержание валовых форм тяжелых токсичных металлов исследуемого участка.

Тепловая электростанция, установленной мощностью 121 МВт, производящая преимущественно электрическую энергию, была введена в эксплуатацию в городе Астрахань в 1947 году [2]. В процессе сжигания угля на станции образовывались твердые отходы, такие как зола и шлаки, которые направлялись в золошлакоотвалы. При возрастающем объеме потребления тепловой электроэнергии и низком темпе развития других источников ее производства, происходило увеличение количества намываемых при помощи гидротранспорта золошлаковых отвалов [3].

В 1989 году в связи с переходом Астраханской государственной районной электростанции (Астраханской ГРЭС) на газообразное топливо объект утратил свое назначение как золоотвал. В связи с выработавшим свой ресурс и подлежащим демонтажу генерирующим оборудованием в 2011 году на Астраханской ГРЭС с заменой существующего была введена в эксплуатацию парогазовая установка ПГУ-110 (рис. 1).

В связи с этим возникла необходимость в реконструкции существующих золошлакоотвалов.

До начала реконструкции в период с 2011 по 2017 год, территория представляла собой огражденную от прилегающей территории дамбами обволонания по периметру и разделительной дамбой на два примерно равновеликих участка (рис. 2) [4]. Проектная отметка верха дамб –20,40 м, ширина дамбы 4,0 м, заложение откосов 1:2. Для разделительной дамбы приняты аналогичные параметры. Протяженность дамб 1926,7 м, в том числе ограждающих – 1568 м, разделительной – 358,7 м.



Рис. 1. Парогазовая установка (ПГУ - 110) в г. Астрахани на основном и резервном топливе – природном газе

В соответствии с ГОСТ 17.8.1.02-88 [5] существовавшая до реконструкции территория относилась к техногенно созданному промышленному ландшафту, не используемому по назначению, модернизируемая в пруды - испарители поступающих очищенных технологических сточных вод ПГУ-110. Территория отвалов с юго-запада примыкала к зоне жилой застройки (расстояние от водооградительной дамбы 75–100 м), с северо-запада – к автострате и жилой застройке (расстояние от водооградительной дамбы 130–150 м), с северо-востока примыкала к зоне жилой застройки (расстояние от водооградительной дамбы 250 м).



Рис. 2. Расположение золошлаковых отвалов Астраханской ГРЭС на карте местности [4]

Актуальность исследования обусловлена необходимостью защиты прилегающих территорий и выявления негативных последствий, учитывая расположение сектора жилой застройки в непосредственной близости [6], предполагаемого использования территории двух карт, на одной из которых сформированы урботехноземы (золоотвалы), в качестве прудов-испарителей сбросов воды от парогенераторных установок. Это связано с тем, что со всех сторон, исключая восточную часть, территория не отвечает нормативным требованиям п. 4.2 СанПиН [1] в части ширины санитарно-защитной зоны.

В период до начала реконструкции сооружения была проведена оценка экологического состояния техногенно-созданного промышленного ландшафта [7] на территории населенного пункта, а именно почвенных ресурсов территории золошлакоотвала и прилегающей территории с целью дальнейшей разработки мероприятий и рекомендаций по снижению химических и биологических загрязнений [8]. Условия производства работ определялись в соответствии с требованиями СП 47.13330.2016 [9] и СП 11-102-97 [10]. В процессе полевого обследования были осуществлены общие описания территории, растительности и животного мира, почвенного покрова.

Полевой период состоял из выбора точек наблюдений на местности. В контурах

исследований выбирались точки по характерным морфологическим элементам рельефа. В местах выбранных точек закладывались разрезы с отбором образцов почв по слоям генетических горизонтов. Почвенные изыскания выполнялись в соответствии с «Общесоюзной инструкцией по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований» (М., 1973 г.) и «Классификацией и диагностикой почв России» (М., 2004 г.) при поддержке Почвенного института им. В. В. Докучаева.

Исследование и оценку почв выполняют в соответствии с санитарно-эпидемиологическими требованиями к качеству почв СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Для контроля загрязнения тяжелыми металлами точечные пробы отбирали по ГОСТ 17.4.3.01-2017 «Почвы. Общие требования к отбору проб» и ГОСТ 17.4.4.02-2017 «Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа» методом «конверта» с глубины 0-20 см массой 200 г каждая. Объединенную пробу составляли путем смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке.

Лабораторные химико-аналитические исследования выполнялись с использованием средств измерений, входящих в Государственный реестр средств измерений, унифицированными методиками, прошедшими аттестацию по ГОСТ Р 8.563-2009, подтвержденными сертификатом и внесенными в Федеральный реестр (перечень) методик.

В ходе полевого обследования территории участка исследования выполнено описание видового состава древесных пород и травянистой растительности и животного мира [11–14].

Растительность обследуемой территории золоотвала была представлена естественными самосевными видами.

Основными представителями древесной растительности на участке выделяются лох узколистный и серебристый.

Травянистая растительность представлена тростником южным и осокой остролистной, пыреем ползучим, свинороем пальчатым.

В связи с высокой антропогенной нагрузкой (близость автодороги, населенного пункта), животный мир территории небогат, представлен видами характерными для территорий, приближенных к селитебной и промышленной зонам. Из видов постоянного местообитания здесь обычны лягушка озерная и жаба зеленая, ужи обыкновенный и водяной. Из орнитофауны синантропного вида обычны голубь сизый, горлица кольчатая и обыкновенная, ворона серая, галка, воробьи домашний и полевой, ласточки городская и деревенская, грач, сорока. На территории отвода представители орнитофауны появляются эпизодически в процессе миграций в поисках кормовых станций. Из млекопитающих возможны мыши полевая и домовая, мышь малютка, возможна крыса серая.

Виды растений и животных, занесенных в Красную книгу Астраханской области, на территории землеотвода отсутствуют.

В соответствии с «Классификацией и диагностикой почв России» 2004 г. на территории площадки были выделены аллювиальные техногенно нарушенные почвы (разрезы 1–4) и искусственно-созданные поверхностно-гумусированные почвоподобные образования типа урботехноземов (разрезы 5–7). Гранулометрический состав почв представлен в таблице 1.

Таблица 1

Гранулометрический состав почв

№ выработки	Глубина, см	Диаметр частиц, мм; содержание -%							Наименование
		1,0-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01	
Аллювиальные техногенно-нарушенные									
1	0-8	3,5	56,3	13,6	5,9	6,1	14,6	26,6	Легкий суглинок
	8-30	0,6	70,9	10,0	1,8	5,8	10,9	18,5	Супесь
2	0-7	2,6	1,8	48,8	27,6	15,3	3,9	46,8	Гтяжелый суглинок
	7-30	0,5	11,3	34,4	11,1	16,3	26,4	53,8	Гтяжелый суглинок
3	0-30	2,0	86,1	3,6	3,4	0,5	4,4	8,3	Песок связный
4	0-6	3,0	72,5	8,6	4,0	6,1	5,8	15,9	Супесь
	6-30	0,4	82,7	9,2	2,0	2,0	3,7	7,7	Песок связный
Урботехноземы гумусированные									
5	0-40	2,1	16,0	64,9	10,1	5,5	1,4	17,0	Супесь
	40-70	9,0	6,1	46,2	23,1	10,6	5,0	38,7	Средний суглинок
6	0-10	8,9	14,3	24,6	26,0	24,1	2,1	52,2	Гтяжелый суглинок
	10-35	8,2	7,3	28,6	26,8	27,1	2,0	55,9	Гтяжелый суглинок
7	0-7	6,1	41,7	40,5	6,1	4,1	1,5	11,7	Супесь
	7-30	4,1	17,8	53,5	14,8	7,5	2,3	24,6	Легкий суглинок

Согласно приведенным табличным данным, почвы рассматриваемой территории разного

гранулометрического состава. Агрохимические свойства почв приводятся в таблице 2.

Таблица 2

Агрохимические показатели почв

№ выработки	лубина, см	pH, ед.	Гумус, %
Аллювиальные техногенно-нарушенные			
1	0-8	7,3	2,78
	8-30	7,7	0,48
2	0-7	7,5	3,26
	7-30	7,6	1,1
3	0-30	7,3	0,27
4	0-6	7,3	2,54
	6-30	7,7	0,32
Урботехноземы гумусированные			
5	0-40	7,5	5,83
	40-70	7,5	4,23
6	0-10	7,3	3,55
	10-35	7,4	2,70
7	0-7	7,5	6,78
	30		7

Содержание гумуса в верхнем горизонте для почв выработок 1, 2, 4-7 позволяло отнести их к

средне и сильногумусированной разновидности – содержание гумуса колебалось от 2,54 до 6,78 %. В подстилающем горизонте выработок 1, 2, 4 содержание гумуса находилось в пределах 0,32-1,10 %, для выработок 5, 6, 7 – 2,70-4,77 %.

Для выработки 3 содержание гумуса было 0,27 %, почвы малогумусированы.

Высокие показатели содержания гумуса были связаны с большим содержанием в почве углерода несгоревших остатков, поступавших вместе с золой при формировании золоотвала.

Для характеристики солевого состояния исследуемых почв был проведен анализ водной вытяжки с определением содержания токсичных солей. Содержание солей по данным водной вытяжки представлены в таблице 3.

Из таблицы видно, что почвы засолены с поверхности, что позволяет отнести их к солончак-ковой разновидности.

Таблица 3

Содержание солей по данным анализа водной вытяжки

№ выработки	лубина, см	солей, %	Ионы: числитель –%, знаменатель м-экв. / 100 г						Сумма токсичных солей
			HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺ расч	
Аллювиальные техногенно-нарушенные									
1	0-8	0,117	0,055	0,005	0,029	0,018	0,007	0,003	0,056
			0,90	0,14	0,60	0,90	0,58	0,13	
	8-30	0,145	0,037	0,009	0,058	0,012	0,005	0,024	0,104
2	0-7	0,084	0,043	0,007	0,014	0,012	0,006	0,002	0,043
			0,70	0,20	0,29	0,60	0,49	0,09	
	7-30	0,136	0,040	0,011	0,048	0,010	0,007	0,020	0,102
3	0-30	0,991	0,015	0,255	0,394	0,084	0,023	0,220	0,706
			0,25	7,19	8,20	4,19	1,89	9,57	
4	0-6	0,120	0,052	0,009	0,029	0,022	0,006	0,002	0,045
			0,85	0,25	0,60	1,10	0,49	0,09	
	6-30	0,108	0,037	0,007	0,034	0,012	0,002	0,016	0,067
5	0-40	0,101	0,034	0,005	0,034	0,010	0,002	0,016	0,067
			0,56	0,14	0,71	0,50	0,16	0,70	
	40-70	0,631	0,018	0,021	0,408	0,140	0,012	0,032	0,156
6	0-10	1,161	0,021	0,064	0,732	0,265	0,018	0,061	0,262
			0,34	1,81	15,24	13,22	1,48	2,65	
	10-35	0,834	0,018	0,377	0,187	0,070	0,015	0,207	0,636
7	0-7	0,118	0,043	0,007	0,038	0,014	0,009	0,007	0,070
			0,70	0,20	0,79	0,70	0,74	0,30	
	7-30	0,785	0,018	0,353	0,139	0,070	0,018	0,187	0,547
			0,30	9,96	2,89	3,49	1,48	8,13	

При растворяющем объеме влаги для песков связанных 8-9 % (выработка 3, выработка 4 (подстилающий горизонт)) расчетная минерализованность почвенного раствора для почвы выработки 3 составляет – 83,1 г/дм³, для подстилающего горизонта выработки 4 – 7,9 г/дм³. По классификации почв относительно указанного показателя с учетом типов засоления почвы участка представлено слабозасоленным разновидностям.

При растворяющем объеме влаги для супесей 14-16 % (выработка 1 (подстилающий горизонт), выработки 4, 5, 7 (верхний горизонт)), расчетная минерализованность почвенного раствора для почвы в среднем составляет 3,9 г/дм³.

При растворяющем объеме влаги для легких суглинков 16-18 % (выработка 1 (верхний горизонт)), выработка 7 (подстилающий горизонт)), расчетная минерализованность почвенного раствора для почвы выработки 1 составляет 3,3 г/дм³, для почвы выработки 7 – 32,2 г/дм³.

При растворяющем объеме влаги для средне-суглинистых почв 19-21 % (выработка 5 (подстилающий горизонт)), расчетная минерализованность почвенного раствора составляет 7,8 г/дм³.

При растворяющем объеме влаги для тяжелосуглинистых почв 22-23 % (выработки 2 и 6), расчетная минерализованность почвенного раствора для

почвы выработки 2 в среднем составляет 3,2 г/дм³, для почвы выработки 6 – 19,9 г/дм³.

По классификации почв относительно минерализованности почвенного раствора с учетом гидрокарбонатного и сульфатного типов засоления почвы с содержанием солей менее 4 г/дм³ относятся к категории незасоленных, 4–10 г/дм³ – слабозасоленных, 10–20 – средnezасоленных, 20–40 г/дм³ – сильнозасоленных, более 40 – очень сильнозасоленных (солончаки).

При формировании золоотвала, при неравномерном испарении вод, на прилегающих территориях происходило формирование зон повышенного содержания легкорастворимых солей, что, в свою очередь, привело к образованию зон с аномально высокой степенью засоления почв. По положению первого от поверхности солевого горизонта почвы относятся к слабосолончаковой и среднесолончаковой разновидности.

Поскольку на глубинах 0,9–1,0 м содержание токсичных солей колеблется от 0,188 до 0,321, почвы относятся к разряду полнопрофильного засоления.

В качестве индикаторов состояния почвенного покрова было взято исследование содержания валовых форм тяжелых токсичных металлов (ТТМ).

В процессе натурных исследований с территории золошлакоотвала было отобрано 3 пробы почв, взятых с верхнего горизонта (0–30 см) на содержание валовых форм ТТМ первого класса опасности. Анализ проводился в аккредитованной лаборатории атомно-адсорбционным методом. Результаты исследований представлены в таблице 4 в перерасчете в доли ПДК.

Таблица 4

Оценка экологического состояния почв

ТТМ 1 класса опасности	Доля ПДК*
Проба 1	
Свинец	0,05
Цинк	0,14
Кадмий	0,03
Мышьяк	0,45
Ртуть	0,05
Проба 2	
Свинец	0,21
Цинк	0,21
Кадмий	0,05
Мышьяк	2,32
Ртуть	0,14
Проба 3	
Свинец	0,29
Цинк	0,28
Кадмий	0,12
Мышьяк	5,30
Ртуть	0,14

Список литературы

1. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. – Утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации № 74 от 25.09.2007 // КонсультантПлюс. – Режим доступа: <http://vlager.edu.ru/files/contentfile/42/sanpin-2.1.1.1200-03.pdf>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
2. Астраханская ГРЭС // Википедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Астраханская_ГРЭС/, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
3. Бесимбаева О. Г. Создание системы геомониторинга для условий золоотвала ГРЭС / О. Г. Бесимбаева, Н. Ф. Низаметдинов // Труды университета. – 2007. – № 4 (29). – С. 12–15.

Примечание: * рассчитано в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [15].

Согласно представленным в таблице 4 данным, содержание ТТМ 1 класса опасности имеет превышение в пробах 2 и 3 по мышьяку.

Выводы

В геоморфологическом отношении исследуемая площадка располагается в пределах современной дельтовой равнины.

Согласно натурным исследованиям, почвенный покров территории, прилегающей к золошлакоотвалу, представлен аллювиальным техногенно-нарушенными почвами. Почвы территории золошлакоотвала были отнесены к урботехноземам. По положению первого от поверхности солевого горизонта почвы относятся к слабосолончаковой и среднесолончаковой разновидности.

При формировании золошлакоотвала, при неравномерном испарении вод, на прилегающих территориях происходило формирование зон повышенного содержания легкорастворимых солей, что, в свою очередь, привело к образованию зон с аномально высокой степенью засоления почв.

Относительно повышенных доз некоторых химических элементов (мышьяк) в урботехноземах, следует иметь в виду, что их удаление на специализированные полигоны является нецелесообразным, а использование их в качестве удобрений невозможно.

Невозможность использования их в качестве удобрений связано с тем, что углерод в почвах находится в несвязной форме, которая не метомарфизованна в гумус за период эксплуатации золоотвала с 1974 по 1989 год и в период после прекращения использования территории в качестве золоотвала с 1989 года по настоящее время.

В соответствии с приложением к СанПин Постановление 2 «Об утверждении санитарных правил и норм» [15] по степени химического загрязнения почвы участка относятся к категории «допустимая», а экологическая ситуация в соответствии с п. 4.23 [10] – для почв селитебной зоны относительно удовлетворительная.

После осуществления рекультивации золоотвалов необходимо проведение мониторинга качества почвенного покрова территории, прилегающей к золошлакоотвалу, с целью оценки ее состояния и подтверждения стабильности состояния рекультивированных участков территории.

4. Яндекс Карты – транспорт, навигация, поиск мест. – Режим доступа: <https://yandex.ru/maps/37/astrahan/hybrid/?ll=48.109523%2C46.389812&z=1>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
5. ГОСТ 17.8.1.02–88. Охрана природы. Ландшафты. Классификация. – Дата введения 1989–06–01. – Режим доступа: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/45d/4294851963.pdf>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
6. Охинько В. А. Актуальные проблемы экологии и экологической безопасности и возможные пути их решения / В. А. Охинько, В. В. Милованов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2015. – № 3 (13). – С. 37–38.
7. Чердабаев М. Т. Экология и промышленная безопасность в топливно-энергетическом комплексе / М. Т. Чердабаев, С. С. Орекешев, А. К. Кенжегалиев, Т. М. Суесинов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2015. – № 3 (13). – С. 62–63.
8. Байдулова М. К. Результаты биотестирования почвы при проведении мониторинга полигонов твердых бытовых отходов / М. К. Байдулова, И. В. Волкова, Л. В. Боронина // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2016. – № 4 (18). – С. 44–48.
9. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11–02–96. – Дата введения 2017–07–01 // Докипедия. – Режим доступа: <https://dikipedia.ru/document/5341571>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
10. СП 11–102–97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. – Дата введения 1997–08–15 // Кодекс. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/871001220>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
11. Гурина И. В. О применении комплексных мелиораций при биологической рекультивации нарушенных земель / И. В. Гурина // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 3. – С. 27–28.
12. Гурина И. В. Биологическая рекультивация золоотвала Новочеркасской ГРЭС : монография / И. В. Гурина. – Ростов-на-Дону : ЮФУ, 2012. – 240 с.
13. Иванова Н. А. Технология биологической рекультивации первой и второй секций золоотвала Новочеркасской ГРЭС / Н. А. Иванова, И. В. Гурина, А. И. Щиренко, М. П. Лубенская // Мелиорация и водное хозяйство. Перспективы развития мелиорации и водного хозяйства на юге России : материалы научно-практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения академика РАСХН Б. А. Шумакова, Новочеркасск, 23–24 октября 2014 года. – Новочеркасск : ООО «Лик», 2014. – Т. 12. – С. 136–144.
14. Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель : материалы XI Всероссийской научной конференции с международным участием, Сатка, Челябинская обл., 12–16 сентября 2022 года. – Сатка : Принтоника, 2022. – 299 с.
15. СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания // Кодекс. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

© А. А. Мухин, А. Э. Харламова

Ссылка для цитирования:

Мухин А. А., Харламова А. Э. Экологическое состояние золоотвала государственной районной электростанции // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. №2 (44). С. 66–71.

УДК 004.94:004.92:69:72:004
DOI 10.52684/2312-3702-2023-44-2-71-75

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ СКРИПТОВ GRASSHOPPER-RHINO ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СТРУКТУР СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ В АРХИТЕКТУРЕ

К. А. Шумилов, Ю. А. Гурьева

Шумилов Константин Августович, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: +7 (931) 224-89-50; e-mail: shkas@mail.ru;

Гурьева Юлиана Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры начертательной геометрии и инженерной графики, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: +7 (921) 367-44-75; e-mail: Yual2017@mail.ru

Представлены некоторые результаты исследования по созданию наиболее оптимальных скриптов с точки зрения снижения затрат ресурсов компьютера и уменьшению времени, потраченного проектировщиком при моделировании объектов, в состав которых входят элементы, направляющие для создания которых ориентированы по разным направлениям. Приведены результаты исследования на примере таких объектов, как Фонарь и Павильон на морском побережье из переработанного морского пластикового мусора. Для решения поставленной задачи было выбрано параметрическое программирование. Работа проводилась в программах Grasshopper, Rhinoceros, Archicad. Используются инструменты SubD, доступные в последних версиях Rhino. При доработке некоторых моделей для создания реалистичной и высококачественной визуализации в программе Graphisoft Archicad, помимо встроенного визуализатора CineRender, была использована Corona, а также программа Sketch Up.

Ключевые слова: параметрическое программирование, моделирование, Grasshopper, Rhinoceros, ArchiCAD.