

О.В. ТУПИЦЫНА**Е.Г. МАРТЫНЕНКО****К.Л. ЧЕРТЕС****А.Н. СУХОНОСОВА****ОСВОЕНИЕ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ
ГРАДОПРОМЫШЛЕННЫХ АГЛОМЕРАЦИЙ**

DEVELOPMENT OF MAN-MADE SYSTEMS OF BIG INDUSTRIAL COMPLEXES

Хозяйственная деятельность приводит к формированию природно-техногенных систем (ПТС) в составе техногенных образований и компонентов природных геосферных оболочек, подверженных воздействию и развивающихся во времени и пространстве как единое целое. Известно большое разнообразие методов исследования и направлений освоения территорий, занятых природно-техногенными системами. Общими недостатками известных методов выступают высокая стоимость, локальный технический результат, удовлетворение ведомственных интересов. Освоение ПТС, с минимизацией затрат, позволит решить комплексная система исследования и оценки их состояния в условиях неопределенности структуры, состава и генезиса формирования. В этой связи актуальным является всестороннее теоретическое и экспериментальное исследование состояния ПТС с установлением его соответствия выделенным стадиям жизненного цикла, а также разработка направлений и методов восстановления и целевого освоения территории.

Ключевые слова: природно-техногенные системы, жизненный цикл, комплексная система оценки.

Хозяйственная деятельность приводит к формированию природно-техногенных систем (ПТС). Под ПТС понимается совокупность техногенных образований и природных компонентов, развивающихся во времени и пространстве как единое целое в условиях взаимовлияния [1].

ПТС отторгают значительные территории и отрицательно воздействуют на компоненты экосистем. В связи с этим необходимо проведение работ по оздоровлению среды в зоне потенциального влияния ПТС. Большинство ПТС расположены в границах крупных градопромышленных агломераций и вовлечены в производственные процессы, поэтому

Economic activity leads to the formation of natural and man-made systems, composed of man-made structures and natural components geosphere shells, exposed and developed in time and space as a whole. A wide variety of research methods and directions of development of the territories occupied by the natural and man-made systems are known. Common drawbacks of the known methods are the high cost, the local technical result, satisfaction with departmental interests. A complex system of research and assessment of the condition under uncertainty structure, composition and origin of formation will solve development of MMS with least costs. In this regard the comprehensive theoretical and experimental study of MMS with the establishment of the state of its corresponding allocation of life-cycle stages and development directions and methods of recovery and development of the target area seems to be relevant.

Key words: man-made systems, life-cycle, a complex system of assessment.

работы по восстановлению ПТС могут вызвать перебои в технологических циклах и дополнительно ухудшить экологическую обстановку.

Одним из направлений наиболее «мягкого» восстановления нарушенных территорий выступает их освоение под комплексы производства рекультивационных материалов (РМ). При этом восстановление среды может производиться параллельно с основной технологической деятельностью производства – источника ПТС. В основу освоения ПТС положены теоретические положения оценки и восстановления геосистем, нарушенных строительной хозяйственной деятельностью [1, 2].

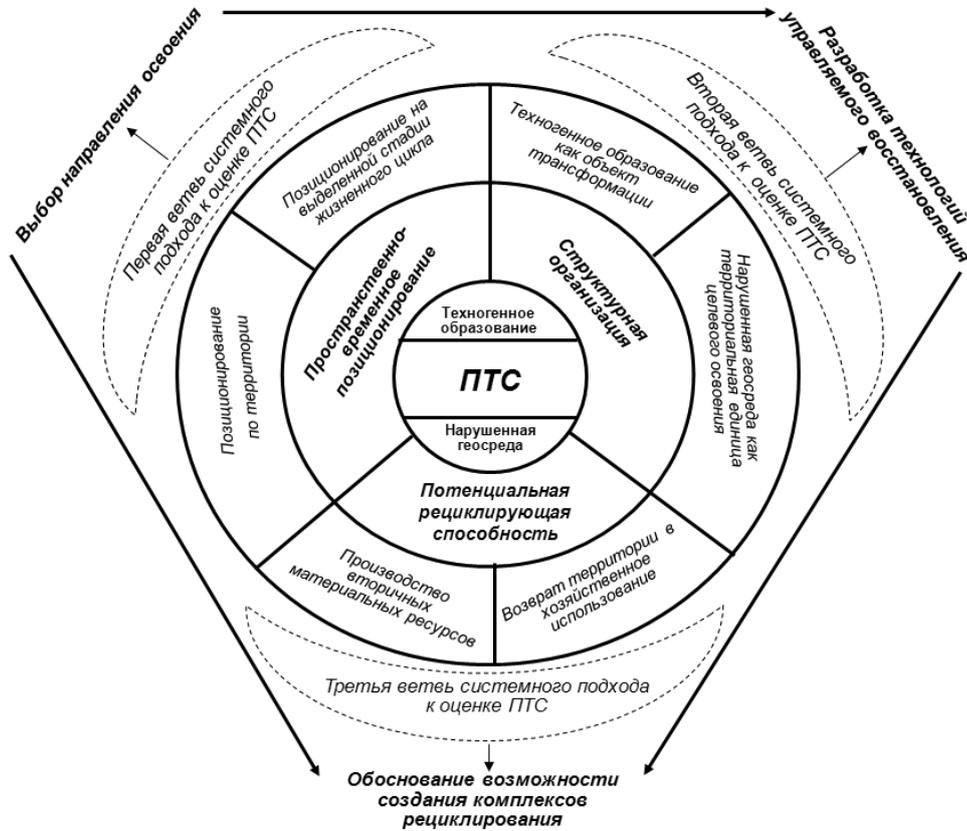


Рис. 1. Принципиальная структура системы оценки ПТС

Признаки оценки	Характеристики оценки		Методы определения
	Наименование	Обозначение	Примечание
Пространственно-временное позиционирование	<i>Структурно-геометрическая группа</i>		
	Мощность техногенного образования	$M_{ТО}$	Объемный показатель техногенного образования
	Мощность нарушенной геосреды	$M_{ГС}$	Объемный показатель нарушенной геосреды
	Емкость ПТС	$E_{ПТС} = M_{ГС}(M_{ГС} + M_{ТО})$	Способность геосреды к ассимиляции
	<i>Хронологическая группа</i>		
	Продолжительность деятельности	$T_{СХД}$	Период активного освоения
	Продолжительность восстановления	$T_{ВОССТ}$	Период восстановления
	Экспозиция	$T_{ЭКСП}$	Период завершения СХД до восстановления
	Параметр управляемого восстановления	$T_{УПВ} = T_{ВОССТ} / (T_{СХД} + T_{ЭКСП} + T_{ВОССТ})$	Продолжительность восстановления в ЖЦ
	Структурная организация	<i>Геомеханическая группа</i>	
Средняя насыпная плотность		ρ	Способность базовых составляющих к уплотнению
Коэффициент пористости		e	
Влажность		W	Способность базовых составляющих к обезвоживанию
Коэффициент фильтрации		K_f	
Коэффициент консолидации		C_v	Способность базовых составляющих к упрочнению
<i>Биохимическая группа</i>			
Биоразлагаемое органическое вещество		$C_{ОРГ}$	Способность базовых составляющих к биоконверсии
Степень распада органического вещества	$\Delta C_{ОРГ}$		
Содержание микрофлоры-редуцента	$C_{ОМЦ}$	Способность базовых составляющих к инокуляции	
Температура термогенеза (макс)	T		Индикатор биотермической реакции
Рециклирующая способность	<i>Ресурсная и геоэкологическая группа</i>		
	Индекс ресурсобеспеченности	$I_{РЕЦ} = V_{ПОТР} / (k_{УТИЛ} * (M_{ТО} + M_{ГС}))$	Удельный показатель потребности ПТС в рекультивационных материалах
	Показатель степени опасности ТО	$K_{ОПАС}$	Интегральный показатель опасности ТО
	Индекс загрязнения геосреды	$I_{ЗАГР}$	Интегральный показатель опасности геосреды
	Защищенность подземных вод	$V_{ЗПВ}$	Защищенность геосреды от загрязнения с поверхности

Рис. 2. Элементы системы оценки ПТС

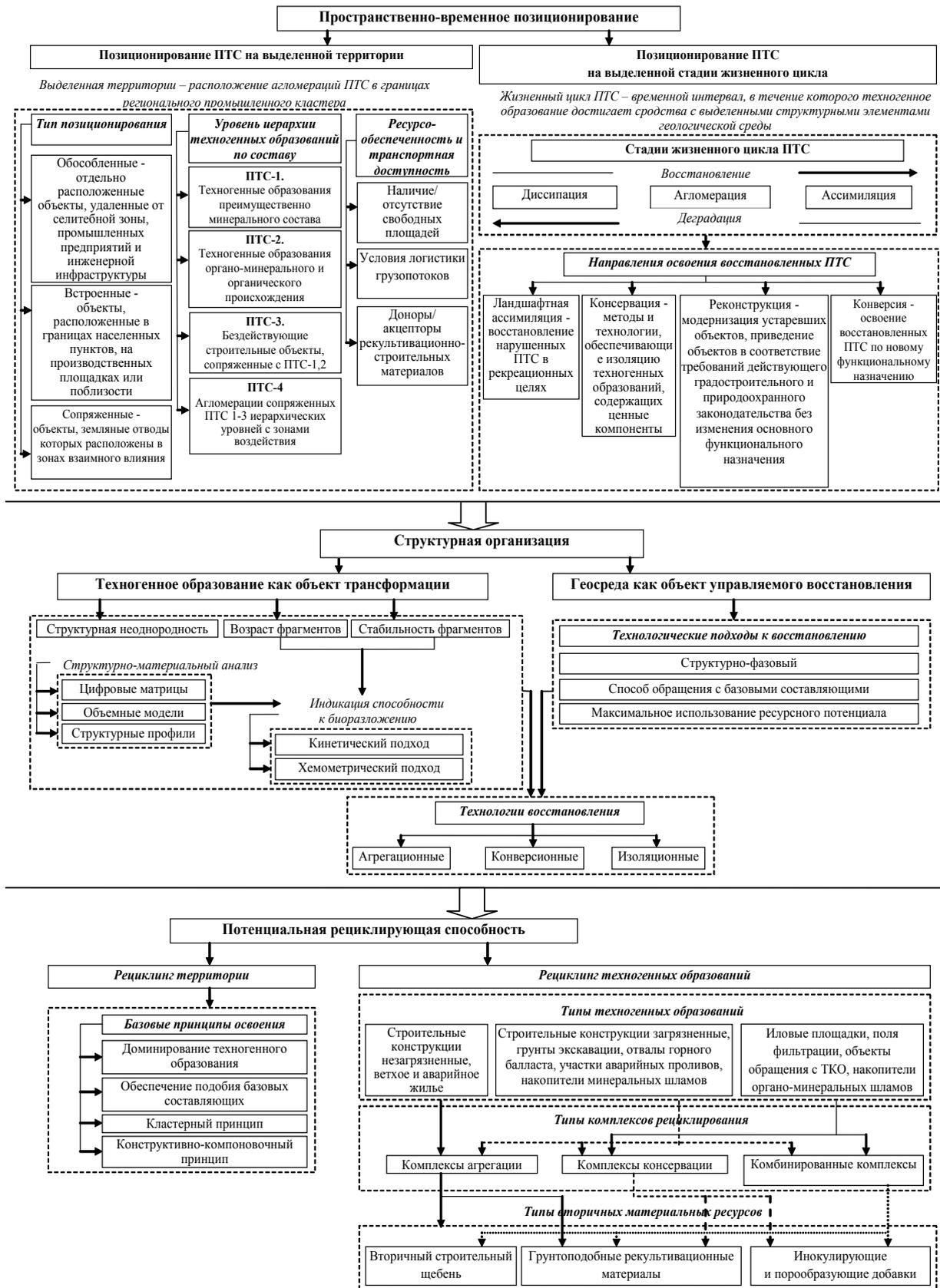


Рис. 3. Основные этапы комплексной системы оценки нарушенных ТТЦ для восстановления и освоения

Данные теоретические положения охватывают анализ принципиальной структуры ПТС (рис. 1), элементы и характеристики системы их оценки (рис. 2), а также основные этапы оценки и освоения (рис. 3).

В основу теоретической оценки ПТС положен системный подход, основанный на учете их пространственно-временного позиционирования, структурной организации и потенциальной рециклирующей способности её составляющих [3]. Оценка ПТС по данным признакам производится набором структурно-геометрических, хронологических, геомеханических, биохимических, ресурсных и геоэкологических характеристик (см. рис. 2). Результатами комплексной оценки ПТС по указанным признакам являются:

- определение пригодности ПТС для восстановления с выбором направления освоения;
- получение сведений о структуре и составе ПТС для разработки, применения и совершенствования технологий восстановления;
- обоснование возможности организации комплексов рециклирования на территории ПТС.

На основе признаков оценки ПТС, описывающих их характеристики и методы определения, формируются основные этапы комплексной систе-

мы оценки нарушенных ПТС для восстановления и последующего освоения (см. рис. 3).

Причем результаты оценки по одному из признаков обеспечивают системную корреляцию с результатами оценки по остальным признакам. Оценка по признаку позиционирования распространяется на территориальную и хронологическую составляющие ПТС (рис. 4).

Территориальная составляющая включает в себя типизацию, иерархическое ранжирование, а также учет ресурсообеспеченности и логистической доступности объектов.

Хронологическая составляющая предполагает установление стадии жизненного цикла ПТС по признаку достижения устойчивого равновесия (сродства) с компонентами окружающей среды.

Совокупный учет результатов оценки ПТС по признаку пространственно-временного позиционирования позволяет наметить направления целевого освоения территории: ландшафтную ассимиляцию, консервацию, реконструкцию и конверсию [3, 4].

Освоением нарушенной ПТС с одновременным осуществлением основного технологического процесса выступает ликвидация части буферного пруда ОАО «Куйбышевский НПЗ», расположенного в границах агломерации ПТС «Куйбышевская». Ком-



Характеристики ПТС как единиц освоения геосреды											Характеристики ПТС как объектов трансформации						
Структурно-геометрические			Хронологические				Геоэкологические				Геомеханические			Биохимические			
$M_{гс}$, Млн м ³	$M_{го}$, Млн м ³	$E_{ПТС}$	$T_{схд}$, лет	$T_{эксп}$, лет	$T_{восст}$, лет	$T_{отп}$	$K_{отак}$	$I_{загр}$	$H_{гпв}$, м	$U_{згв}$	Q_v , т/м ³	ϵ	$W, \%$	C_v , м ² /год	$C_{орг}$, % масс.	$T, ^\circ C$	
0,14	0,8	0,15	60	0	20	0,27	655	44	4	1	0,8-0,9	-	70-80	-	45-55	28-40	

Рис. 4. Общий вид буферного пруда и его характеристика как встроенной ПТС 2-го уровня

плексная оценка базовых составляющих и выделенных структурных элементов буферного пруда классифицировала его как встроенную ПТС 2-го уровня на агрегационной фазе агломерационной стадии жизненного цикла [6].

Пруд был построен в 1954 г. и предназначен для приема нефтесодержащих сточных вод от производства в условиях отсутствия очистных сооружений. В настоящее время пруд используется для принятия сточных вод, образующихся при нарушении работы очистных сооружений: сырого осадка, всплывающих веществ с первичных отстойников, избыточных активных илов сооружений биологически-химической очистки (БХО), а также хозяйственно-бытовых стоков БХО. Площадь пруда на 2011 г. составляла около 12 га при глубине более 10 м. По признакам оценки пространственно-временного позиционирования ПТС, мощность тела буферного пруда составляет 565 м³ [11]. По результатам комплексной оценки буферного пруда как объекта трансформации было установлено, что тело техногенного образования представляет собой гетерогенную структуру в составе трехслойных элементов (рис. 5).

К началу 2000-х гг., с появлением на заводе современных очистных сооружений, было принято решение о ликвидации бездействующей части пруда с последующим целевым освоением территории.

Ликвидация пруда производилась путем сочетания технологий биореакторной обработки водоэмульсионного слоя с использованием станции аэрации завода, совместного центробежного и геоконтейнерного обезвоживания шламов, а также их биодеструкции с нефтезагрязненными грунтами, избыточным активным илом и шламом оборотного водоснабжения [5, 6].

После извлечения и переработки техногенных образований поверхность нефтезагрязненной геосреды подвергалась изоляции от поступления вторичных загрязнений с использованием геосинтетических материалов.

На подготовленной выемке пруда, а также части прилегающих к нему участков был запроектирован комплекс восстановления нарушенной территории в составе восьми функциональных зон: входного контроля (I), административно-бытовой (II), центрифугирования (III), геоконтейнерной обработки (IV), биодеструкции (V), производства вторичного строительного щебня (VI), подъема гипсометрических отметок (VII) и усреднения сточных вод (VIII).

Компоновочный план комплекса восстановления представлен на рис. 6. В границах выделенных функциональных зон использованы наиболее эффективные технологии освоения ПТС, успешно реализуемые на объектах Самарской области уже

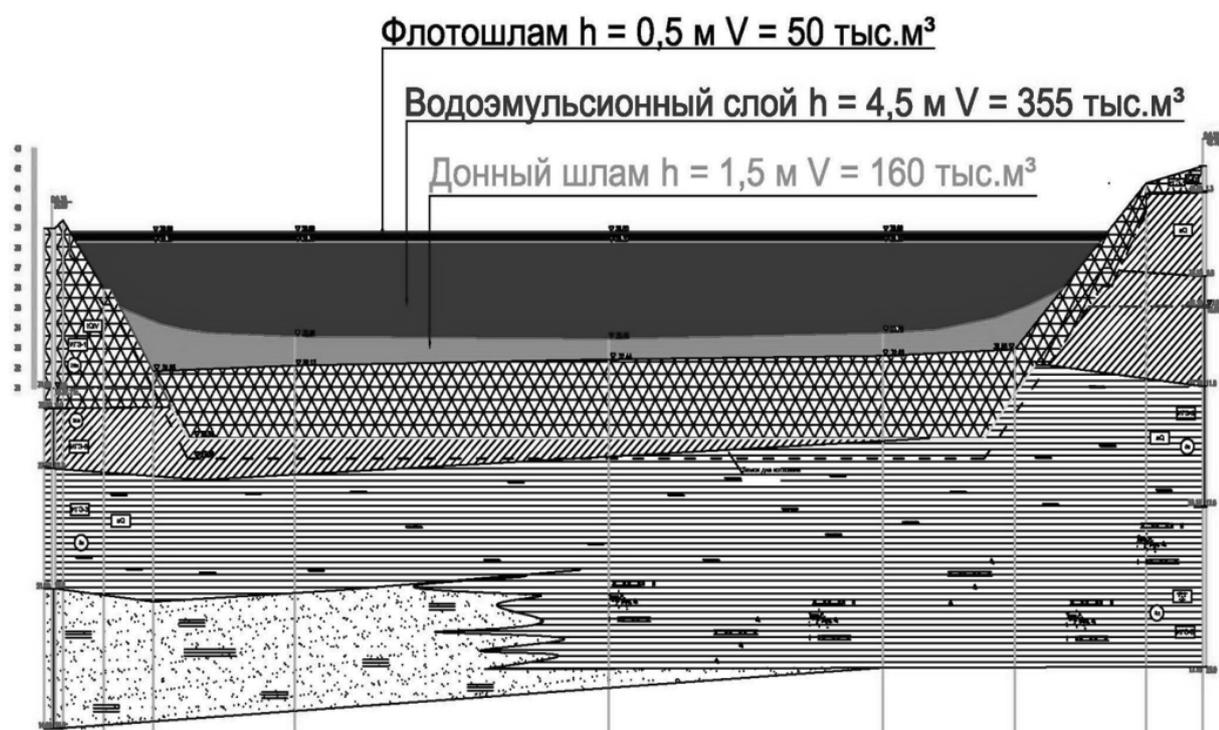


Рис. 5. Литолого-стратиграфический план нарушенной ПТС

более 20 лет. Так, в границах V функциональной зоны реализованы конверсионные технологии, которые являются основным технологическим этапом управляемого воздействия на ПТС и направлены на изменение химического состава техногенных образований, а также отдельных фрагментов нарушенной геосреды. В частности, технология биодеструкции нефтезагрязненных грунтов экскавации котлованов, а также других пастообразных нефтесодержащих отходов после их предварительного обезвреживания на функциональных зонах III и IV. При этом в зависимости от исходного содержания нефтепродуктов, а также направления целевого использования рекультивационных материалов шламы могут подвергаться биодеструкции в мезофильных (5) или тер-

мофильных (4) условиях (см. рис. 6). Данный участок оборудован на реконструируемых картах полигона биодеструкции «Альфа-Лаваль» и предназначен для обезвреживания кека после центрифугирования донного шлама.

Восстановление ПТС сопряжено с образованием сточных вод: фильтрата геоконтейнерной обработки, фугата после центрифугирования, а также загрязненного поверхностного стока. Данные стоки содержат в своем составе специфические загрязнения трудноразлагаемой органической природы. Поэтому проектом была предусмотрена биохимическая очистка стоков комплекса совместно с водэмульсионным слоем буферного пруда на сооружениях БХО ОАО «Куйбышевский НПЗ». При этом

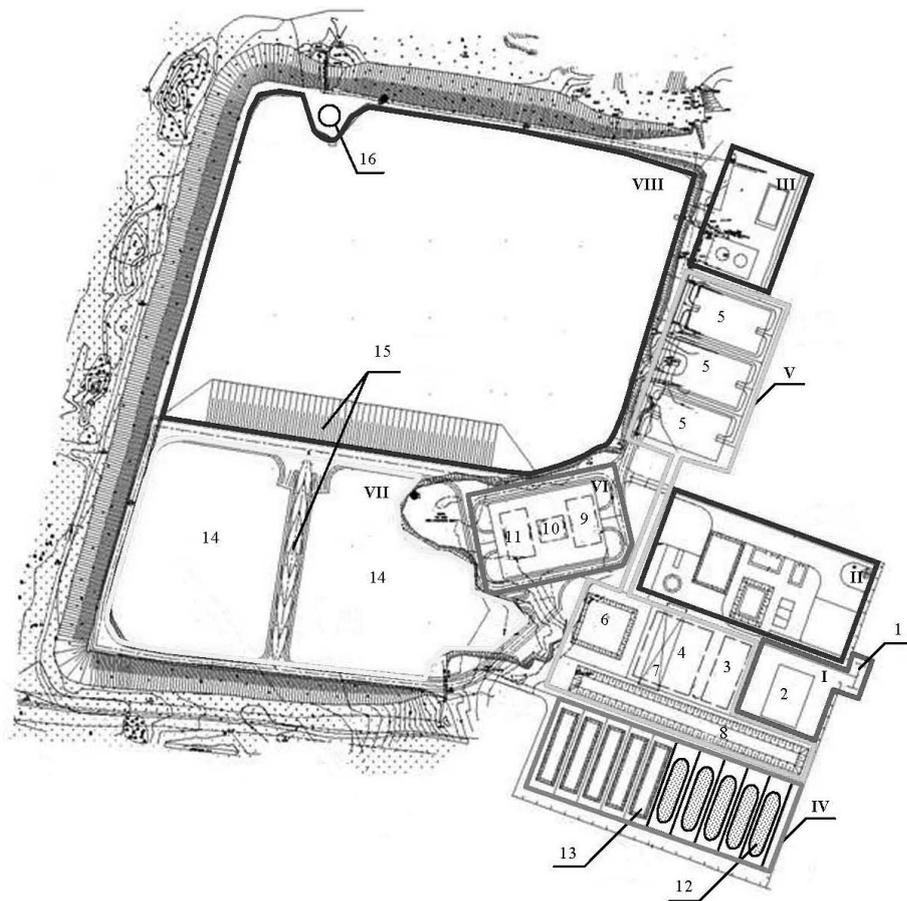


Рис. 6. Компонировочный план комплекса восстановления буферного пруда:

Функциональные зоны: I – входного контроля; II – административно-бытовая; III – центрифугирования; IV – геоконтейнерной обработки; V – биодеструкции; VI – производства вторичного строительного щебня; VII – подъема гипсометрических отметок выемки; VIII – усреднения сточных вод.

Сооружения: 1 – шлагбаум; 2 – пункт входного контроля с весовой; 3 – участок инокуляции; 4 – участок штабельной термофильной биодеструкции; 5 – участок слоевой мезофильной обработки; 6 – кавальер дозревания; 7 – грейферный ковш на козловом кране; 8 – участок отгрузки техногенного грунта; 9 – промежуточный склад отходов демонтажа; 10 – дробильно-сортировочный узел; 11 – склад вторичного щебня; 12 – геоконтейнеры; 13 – штабеля компандирования; 14 – рекультивируемые выемки; 15 – технологические дамбы из вторичного строительного щебня; 16 – насосная станция откачки сточных вод на биореакторную обработку

часть бездействующих сооружений станции было предложено реконструировать в биореакторы обезвреживания жидких техногенных образований [7].

Грунтоподобные материалы, полученные в процессах агрегационной и конверсионной обработки техногенных образований, направляются в выемки буферного пруда (14) (см. рис. 6) для подъема гипсометрических отметок.

Агрегационные технологии центробежного и геоконтейнерного обезвреживания шламов реализованы в функциональных зонах III и IV. Центрифугированию подвергаются донные шламы буферного пруда, а также нефтесодержащие шламы чистки резервуарных парков ОАО «Куйбышевский НПЗ». На геоконтейнерную обработку и последующее штабельное компаундирование направляются шламы оборотного водоснабжения и, при необходимости, избыточные активные илы станции аэрации [8]. После агрегации данные виды шламов используются в качестве корректоров среды, а также инокулирующих добавок.

Оформление зоны геоконтейнерной обработки в составе комплекса восстановления буферного пруда апробировано в составе компоновочных технологических решений аналогичных объектов для предприятий Самарской области [2, 5, 7-9].

Вторичный щебень на основе измельченных отходов предполагается для создания в выемке пруда секционирующих технологических дамб (см. рис. 6). Агрегационная технология измельчения и сортировки отходов демонтажа бездействующих строительных объектов ОАО «Куйбышевский НПЗ» реализована в функциональной зоне VI. При этом агрегационные технологии подготовки отходов демонтажа во вторичный щебень могут производиться как непосредственно на производственной площадке предприятия, так и на специализированных комплексах в границах восстанавливаемых ПТС. Это согласуется с технологическим подходом обеспечения возможности использования ресурсного потенциала ПТС [1,2].

Предпосылкой к созданию площадки обработки отходов демонтажа на территории комплекса буферного пруда выступил расчет потребности в рекультивационно-строительных материалах, с учетом баланса грузопотоков между объектами демонтажных работ (донорами) и ПТС выемочного типа (акцепторами). В табл. 1 представлены сведения по объемам строительных и грунтоподобных отходов, потенциально пригодных для восстановления ПТС-2 «Буферный пруд» после предварительной обработки.

Таблица 1

Сведения по потенциальным объемам отходов объектного демонтажа

Наименование ПТС	Объект	Жизненный цикл (Т _{эксп.})	Отходы конструкций	Грунт экскавации, м ³	Класс опасности	Наиболее характерные загрязнения в отходах
ПТС-2 НПЗ, Куйбышевский р-н, г. Самара	Парк высокого давления*	1961-2008	18 540	3 890	III	Углеводороды
	Установка производства октола*	1963-2009	7 570	2 410	III	Углеводороды
	Установка инертного газа*	1967-2009	3 130	250	IV	Углеводороды
ПТС-2 НПЗ, г. Новокуйбышевск, Самарская область	Блоки оборотного водоснабжения*	1956-2009	24 380	9 620	IV	Соли кальция, магния
	Установки подготовки нефти	1955-2007	37 500	14 200	III	Углеводороды
	Общезаводское хоз-во	кон. 50-х - 2008	11 450	2 670	IV	Углеводороды
ПТС-1 «ЗИМ»**, г. Самара	Производственные и вспомогательные корпуса	1910-2005	200 000	60 000	III-IV	Углеводороды, тяжелые металлы
ПТС-1, «ГПЗ-4»**, г. Самара	Общезаводское хоз-во	1897 - нач. 2000-х	150 000	10 000	IV	Углеводороды, тяжелые металлы

* Обследование и проектирование демонтажа осуществлялось при участии авторов.

** Нуждается в производстве демонтажных работ.

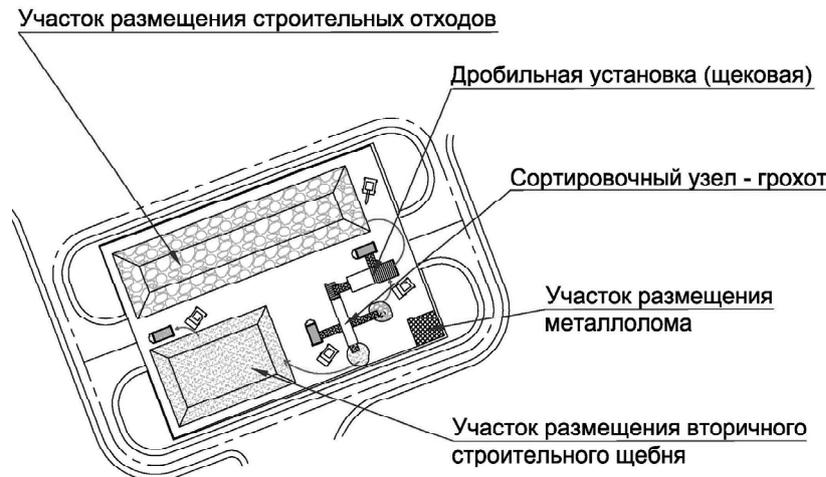


Рис. 7. Компоновочная схема площадки и общий вид основного технологического оборудования по производству вторичного щебня из отходов

Утилизация отходов объектного демонтажа заключается в их доставке на территорию функциональной зоны VI, измельчении, фракционировании с получением вторичного щебня.

Комповочная схема площадки производства вторичного щебня в границах функциональной зоны VI представлена на рис. 7.

На площадке установлено мобильное оборудование в составе щековых дробильных установок марки Extec С-12, грохота Extec S и гидромолотов [7].

Производительность функциональной зоны переработки отходов демонтажа составляет до 7 тыс. т/год. Диапазон линейных размеров вторичного щебня – от 40 до 170 мм. Полученный рекультивационный материал удовлетворяет требованиям ГОСТ 25137-82 и рекомендован к использованию при формировании отсекающих технологических дамб, а также в послойном заполнении выемки буферного пруда наряду с биоструктурированными нефтесодержащими грунтами и шламами после геоконтейнерной обработки [10].

Общий объем обезвреженных отходов при подготовке ПТС «Буферный пруд» к последующему целевому освоению составляет 450 тыс. м³ [11].

Вывод. Базовые принципы и технологические подходы, положенные в основу создания комбинированного комплекса, использованы в проектной документации «ОЗХ НПЗ. Буферный пруд. Реконструкция», идут в ключе общих требований природоохранного и градостроительного законодательства и, соответственно, перспективны для дальнейшего изучения и совершенствования в условиях градопромышленных агломераций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тупицына О.В., Чертес К.Л., Быков Д.Е. Освоение природно-техногенных систем градопромышленных агломераций: монография. Самара: ООО «Издательство Ас Гард», 2014. 320 с.
2. Тупицына О.В. Оценка и восстановление природно-техногенных систем, нарушенных строительно-хозяйственной деятельностью: дис. ... д.т.н. М., 2014. 323 с.
3. Потапов А.Д., Тупицына О.В., Сухоносова А.Н., Савельев А.А., Гришин Б.М., Чертес К.Л. Принципы управляемого восстановления территорий размещения отходов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2014. № 5 (665). С. 98-108.
4. Тупицына О.В., Камбург В.Г., Чертес К.Л., Быков Д.Е. Критериальная оценка состояния нарушенных геосистем // Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. 2012. № 4. С. 231-241.
5. Чертес К.Л., Быков Д.Е., Тупицына О.В., Самарина О.А., Уварова Н.А., Истомина Е.П., Штеренберг А.М. Интенсивная биотермическая обработка шламовых отходов нефтяного комплекса // Экология и промышленность России. 2010. №3. С. 36-39.
6. Быков Д.Е., Тупицына О.В., Гладышев Н.Г., Зеленцов Д.В., Гвоздева Н.В., Самарина О.А., Цимбалюк А.Е., Чертес К.Л. Комплекс биодеструкции нефтеотходов // Экология и промышленность России. 2011. № 3. С. 33-34.
7. Тупицына О.В., Самарина О.А., Бальзанников М.И., Андреев С.Ю., Чертес К.Л. Ликвидации накопителей отходов нефтегазового комплекса с использованием станций аэрации // Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. 2012. № 4. С. 223-230.
8. Тупицына О.В., Ярыгина А.А., Сафонова Н.А., Пыстин В.Н., Чертес К.Л., Савельев А.А. Направления утилизации отходов ТЭК с получением рекультивационных материалов // Экология и промышленность России. 2014. № 6. С. 13-17.

9. Опыт применения дробильно-сортировочного оборудования ЕХТЕС [Электронный ресурс] / Группа компаний «Рецикл материалов». Режим доступа: <http://maxi-ekavator.ru/articles/crusher/~id=1566> (дата обращения: 16.03.2015).

10. Заключение экспертной комиссии государственной экологической экспертизы проектной документации «ОЗХ НПЗ. Буферный пруд. Реконструкция» (шифр 447/11/11-0711.157-П-101.510.001), утвержденное приказом управления Росприроднадзора по Самарской области от 26 сентября 2012 г. № 1015 (положительное).

Об авторах:

ТУПИЦЫНА Ольга Владимировна

доктор технических наук, доцент кафедры химической технологии и промышленной экологии Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. 8-927-687-06-03
E-mail: olgatupicyna@yandex.ru

МАРТЫНЕНКО Елена Геннадьевна

аспирант кафедры химической технологии и промышленной экологии Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. 8-927-726-08-59
E-mail: lana030191@yandex.ru

ЧЕРТЕС Константин Львович

доктор технических наук, профессор кафедры химической технологии и промышленной экологии Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. (846)337-15-97
E-mail: chertes2007@yandex.ru

СУХОНОСОВА Анна Николаевна

кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры химической технологии и промышленной экологии Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. 8-927-607-42-68
E-mail: syhovey@mail.ru

11. ОЗХ НПЗ. Буферный пруд. Реконструкция // Проект 447/11/11-0711.157-П-101.510.001 / ГОУ ВПО СамГТУ НЦПЭ. Самара, 2012.

© **Тупицына О.В., Мартыненко Е.Г.,
Чертеc К.Л., Сухоносова А.Н., 2015**

TUPICYNA Olga

doctor of technical science, associate professor of the chemical technology and industrial ecology department Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya St., 244, tel. 8-927-687-06-03
E-mail: olgatupicyna@yandex.ru

MARTYNENKO Elena

post-graduate student of the Chemical Technology and Industrial Ecology Department Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya St., 244, tel. 8-927-726-08-59
E-mail: lana030191@yandex.ru

CHERTES Konstantin

doctor of technical science, professor of the Chemical Technology and Industrial Ecology Department Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya St., 244, tel. (846)337-15-97
E-mail: chertes2007@yandex.ru

SUHONOSOVA Anna Nikolaevna

candidate of technical science, senior lector of the Chemical Technology and Industrial Ecology Department Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya St., 244, tel. 8-927-607-42-68
E-mail: syhovey@mail.ru

Для цитирования: *Тупицына О.В., Мартыненко Е.Г., Чертеc К.Л., Сухоносова А.Н.* Освоение природно-техногенных систем градопромышленных агломераций // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. № 3 (20). С. 96-104.

For citation: *Tupicyna O.V., Martynenko E.G., Chertes K.L., Suhonosova A.N.* Development of man-made systems of big industrial complexes // Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arhitektura [Vestnik of SSUACE. Town Planning and Architecture]. 2015. № 3. (20). Pp. 96-104.