

**К.Л. ЧЕРТЕЦ**  
**А.А. САВЕЛЬЕВ**  
**Е.Г. МАРТЫНЕНКО**  
**О.В. ТУПИЦЫНА**  
**А.А. МИХАСЕК**

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ОСВОЕНИЕ ТЕРРИТОРИЙ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ, ЗАНЯТЫХ РАЗМЕЩЕНИЕМ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

*EVALUATION OF THE STATE AND DEVELOPMENT OF TERRITORIES OF SAMARA REGION USED AS LANDFILL FACILITIES*

*Известны многочисленные методы освоения территорий закрытых свалок: рекреационный, лесохозяйственный, ландшафтный. Однако создание на нарушенных отходами территориях лесопосадок и парковых зон затруднено в силу экологической специфики объектов. Альтернативой распространенным методам выступает строительно-хозяйственное направление освоения. В настоящей работе представлены основные положения, обосновывающие возможность строительно-хозяйственного освоения территорий, нарушенных размещением твердых коммунальных отходов, а также выделены и представлены группы показателей, необходимых для комплексной оценки состояния массива твердых коммунальных отходов.*

**Ключевые слова:** массив твердых коммунальных отходов, строительное освоение территорий свалок, комплекс рециклирования.

В границах крупных городских поселений формируются массивы твердых бытовых отходов (ТБО). Они включают в себя стихийные несанкционированные отвалы, организованные свалки, усовершенствованные и высоконагружаемые полигоны, а также объекты совместного размещения ТБО и твердых промышленных отходов III-V классов опасности.

Изыскания и расчеты показывают, что в течение 20 лет в границах города с населением 100 тыс. человек площадь, отторгаемая массивами ТБО, составляет более 50 га [1].

За счет биотических и абиотических факторов среды свалочный массив трансформируется в техногенный грунт [2]. Процесс трансформации длится десятилетиями и сопровождается биодеструкцией органики, выветриванием, инсоляцией поверхности отходов, обводнением и фильтрационной консолидацией свалочной толщи с оттоком отжимной воды, а также самоуплотнением. Методы управления полигоном, такие как изоляция [3], дренаж жидких и

*There are numerous methods of development of landfills: recreational, forestry-based, landscape and others. However, it is difficult to create forest plantations and park belts on the territories of landfills because of the specific ecological character of landfills. The construction and economic trend of landfills development is an alternative to popular methods. This paper introduces some fundamental principles proving the possibility of construction and economic development of landfill territories. It also presents groups of measures necessary for complex assessment of the bulk of solid municipal waste and their condition.*

**Key words:** bulk of solid municipal waste, construction development of territories of landfill, a complex system of assessment, complex of recycle.

газообразных флюидов, компактирование, а иногда и брикетирование свалочной массы, ускоряют процесс трансформации вплоть до полной ассимиляции свалки геосредой.

Пребывание свалочного массива в геологической среде приводит к формированию природно-техногенной системы (ПТС). Изучение состояния ПТС для ее последующего освоения – предмет геоэкологии [4].

Известны многочисленные методы освоения территорий закрытых свалок: рекреационный, лесохозяйственный, ландшафтный и др. [5,6]. Однако создание на нарушенных отходами территориях лесопосадок и парковых зон затруднено в силу экологической специфики объектов, а также междомственных противоречий между собственниками отходов и хозяйствующими субъектами. Альтернативой распространенным методам выступает геоэкологическое направление освоения территорий свалочных массивов путем создания комплексов рециклирования отходов [7, 8].

На комплексах рециклирования размещаются сооружения механизированной сортировки ТБО, частичной переработки утильных фракций или их измельчения. В границах комплекса рециклирования возможно создание предприятий по утилизации строительных отходов во вторичный щебень, а также участков штабельно-кавалерного или слоевого обезвреживания загрязненных грунтов [9–12].

Ввиду отсутствия свободных территорий, строительство сооружений экологического рециклинга вынуждены выполнять непосредственно на поверхности свалочной толщи. Свалочный грунт является неустойчивым основанием для строительства. Превышение нагрузок на него более 0,1 МПа может вызвать просадку, пучение, выделение свалочного газа и другие неблагоприятные процессы, приводящие к потере устойчивости возводимых сооружений [13]. Поэтому строительство на свалочных грунтах возможно только для сооружений пониженной капитальности. Именно к таким сооружениям относят большинство объектов, входящих в комплекс рециклирования. Они представляют собой открытые гидроизолированные площадки или ангары с нагрузкой на уплотненный свалочный грунт не более 0,1 МПа (СП 45.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты).

Свалочные массивы, как строительные основания под сооружения, входящие в комплекс рециклирования, должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к грунтам по показателям механической устойчивости, химического состава и токсичности [4].

Оценку пригодности территорий, занятых массивами ТБО, к хозяйственному освоению предлагается осуществлять сочетанием набора двух групп показателей: геомеханической и геоэкологической.

Геомеханическая группа оценивает несущие свойства свалочных грунтов, их способность сопротивляться статическим и динамическим нагрузкам. Основным показателем здесь выступает модуль деформации. Геоэкологическая – оценивает безопасность осуществления работ для окружающей среды. Основным показателем – содержание метана в газовой вытяжке.

Комплексная оценка состояния и последующая разработка мероприятий по рекультивации свалочных массивов была проведена в отношении крупных объектов размещения ТБО Самарской области: усовершенствованного полигона г. Тольятти, высоконагружаемого полигона г. Новокуйбышевска и несанкционированной свалки г. Жигулевска. Проектная документация и технический надзор за

рекультивацией данных объектов проводили при участии авторов.

Объекты различаются по геологическим особенностям районов размещения, условиям и продолжительности формирования, структуре и конфигурации. Расположение объектов сопряжено с геоэкологическими обременениями [14].

Полигон ТБО г. Тольятти расположен в отвершке оврага Волосяной на землях Ставропольского района Самарской области. Эксплуатируется более 40 лет. Площадь нарушенной территории достигает 50 га при объеме свалочного массива более 2,4 млн.м<sup>3</sup>.

Свалка г. Жигулевска исторически сформировалась в границах национального парка «Самарская Лука» более 50 лет назад. В течение последнего десятилетия вывоз отходов на свалку не осуществляется. За этот период произошло самозаращение поверхности, нарушение устойчивости откосов стихийно сформированного массива. Часть свалочного тела минерализовалась в результате многочисленных возгораний отходов. В результате площадь свалки составляет 6,5 га, а общий объем накопленных отходов достигает 230 тыс.м<sup>3</sup>.

Полигон г. Новокуйбышевска принимает отходы с 80-х гг. прошлого века. Основанием участка складирования являются природные тугопластичные глины. Часть массива располагается в выемке отработанного карьера. Проектом Самарского государственного технического университета предполагается реконструкция объекта с созданием на его основе комплекса обезвреживания и утилизации наиболее крупнотоннажных видов отходов от крупной градопромышленной агломерации.

Восстановление территорий всех указанных объектов предполагает создание сопутствующих вспомогательных сооружений: участков приготовления рекультивационных материалов, сооружений сбора, отведения и обезвреживания жидких и газообразных флюидов [13], а также станций механизированной сортировки ТБО с участками переработки утильных фракций. Все перечисленные сооружения могут быть выполнены в модульном и мобильном исполнении, рассчитаны на нагрузку не более 0,1 МПа. В связи с этим строительство вышепредставленных объектов не требует устройства сложных фундаментов на насыпных свалочных грунтах. Это особенно актуально в условиях отсутствия свободных территорий на рекультивируемых объектах.

Однако не все свалочные грунты пригодны в качестве оснований под объекты пониженной капитальности. Обоснование возможности их строительного хозяйственного освоения предлагается выполнять с использованием следующих положений:

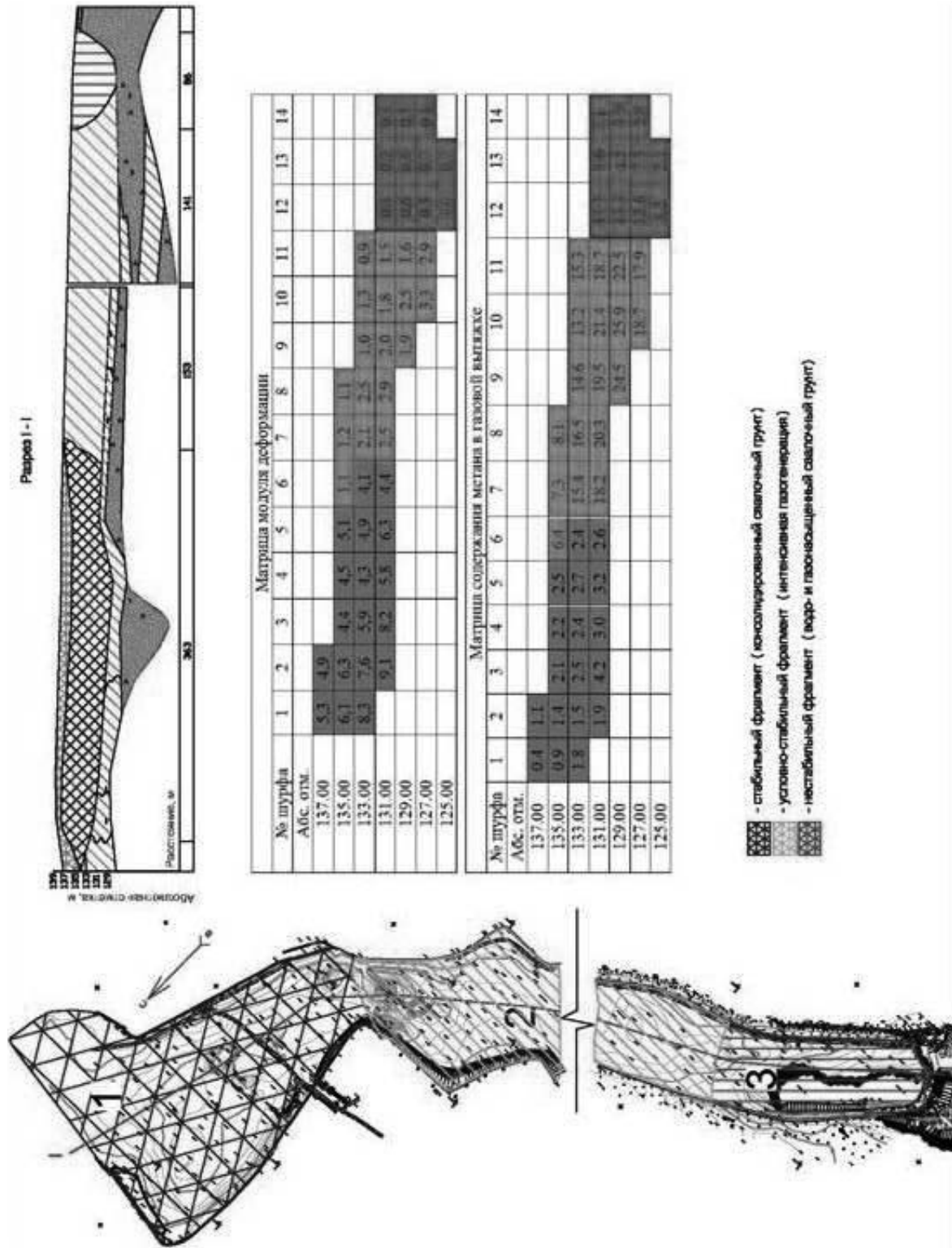


Рис. 1. Топографический план, геологический разрез и выборочные матрицы состояния массива полигона твердых коммунальных отходов г. Тольятти

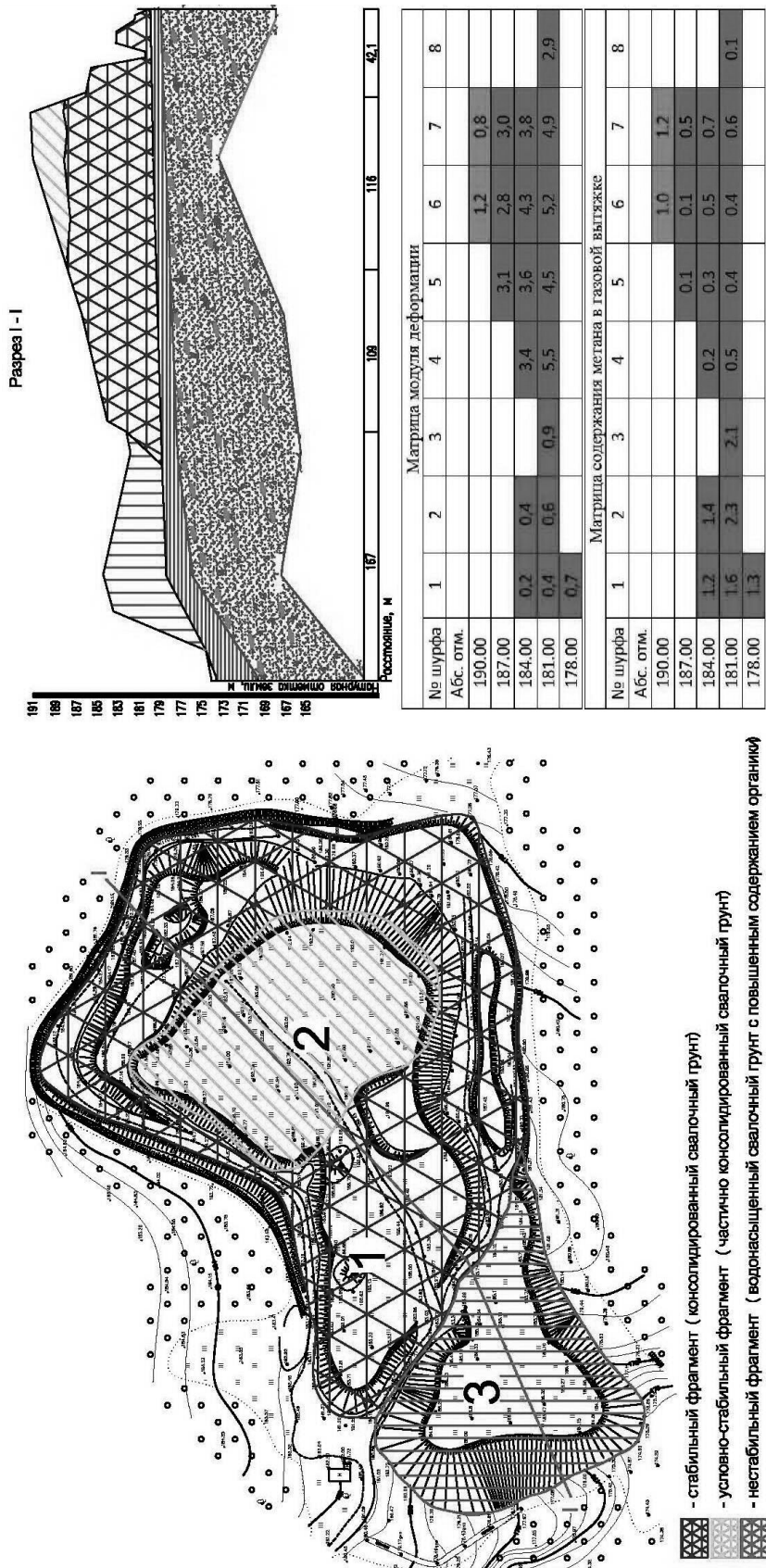


Рис. 2. Топографический план, геологический разрез и матрицы состояния дифференцированного на фрагменты массива (свалка г. Жилулевска)

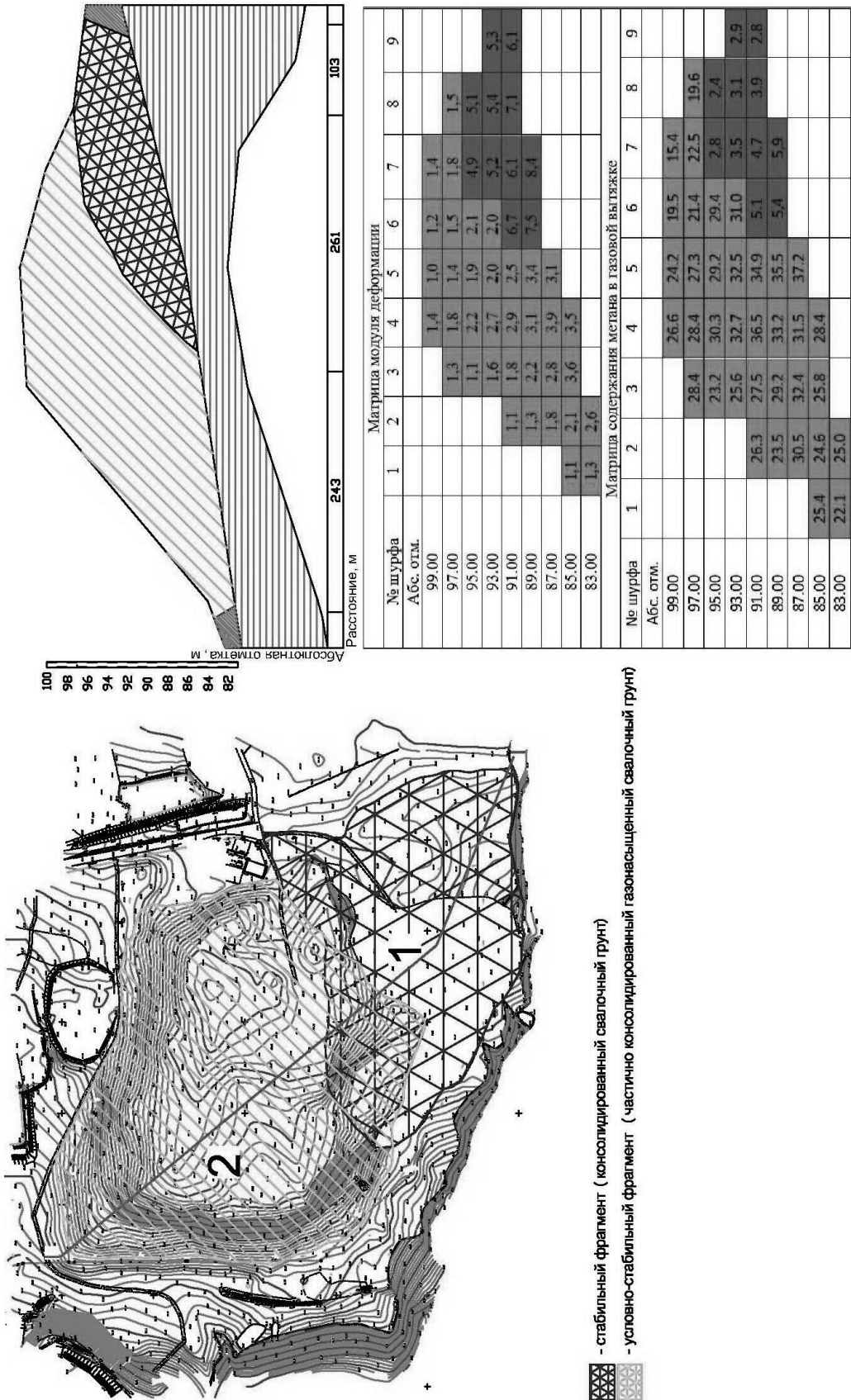


Рис. 3. Топографический план, геологический разрез и матрицы состояния дифференцированного на фрагменты массива (политон г. Новокуйбышевска)

Таблица 1

Характеристики исследуемых объектов

Показатель	Ед. изм.	Полигон ТКО г. Тольятти			Свалка ТКО г. Жигулевска			Политон ТБО г. Новокуйбышевска	
		Фрагмент 1	Фрагмент 2	Фрагмент 3	Фрагмент 1	Фрагмент 2	Фрагмент 3	Фрагмент 1	Фрагмент 2
Мощность	тыс.м <sup>3</sup>	654,5	1765,4	151,0	25,0	212,5	46,4	200,5	970,1
Возраст	лет	20-25	15-19	9-15	25-40	15-25	5-15	30-40	5-15
<b>Геомеханическая группа показателей</b>									
Плотность ρ	т/м <sup>3</sup>	0,8-1,1	0,4-0,8	0,3-0,6	0,6-0,9	0,4-0,5	0,3-0,5	0,8-1,1	0,6-0,8
Влажность W	%	30,0-35,2	42,1-60,9	56,8-72,3	39,5-45,8	54,1-55,3	71,2-75,1	34,2-51,1	50,7-64,2
Модуль деформации E	МПа	5,3-9,1	1,1-4,2	0,2-1,0	2,8-5,5	0,8-1,2	0,2-0,9	4,9-8,4	1,0-3,9
Степление C	кПа	25,1-31,1	13,5-19,2	9,8-11,3	23,6-31,1	20,2-22,3	11,5-14,2	23,6-30,2	13,6-21,2
Угол внутреннего трения φ	град	13,2-17,3	8,2-11,9	4,1-7,5	12,3-17,6	7,3-10,8	3,8-6,9	14,5-16,2	9,1-11,9
<b>Геоэкологическая группа показателей</b>									
Биоразлагаемое орг.вещество C <sub>орг</sub>	% масс	29,7-35,5	39,6-53,6	59,2-76,3	25,6-33,2	0,49-0,52	0,35-0,49	24,3-30,7	35,4-55,1
Газопродуктивность	м <sup>3</sup> /ч	15,0	120,0	80,0	10,0	15,0	40,0	10,0	170,0
Содержание метана	% об.	0,4-1,8	5,3-25,9	2,1-13,3	0,2-0,7	1,0-2,3	1,2-2,5	2,4-5,9	19,5-36,5
<b>Оценка состояния, рекомендуемые методы воздействия на массив и направление освоения территории</b>									
Состояние свалочного грунта		Стабильное	Условно-стабильное (умеренная газогенерация)	Нестабильное (обводнение и газогенерация)	Стабильное	Условно-стабильное	Нестабильное	Стабильное	Условно-стабильное
Методы управляемого воздействия		Вертикальная планировка и уплотнение	Компактировка, пассивная дегазация	Компактирование, дренаж отжимной воды, пассивная дегазация	Вертикальная планировка и уплотнение	Уплотнение, геозащитные покрытия	Биодеструкция, уплотнение, гидроизоляция, геормирование поверхности	Вертикальная планировка и уплотнение	Компактирование, пассивная дегазация

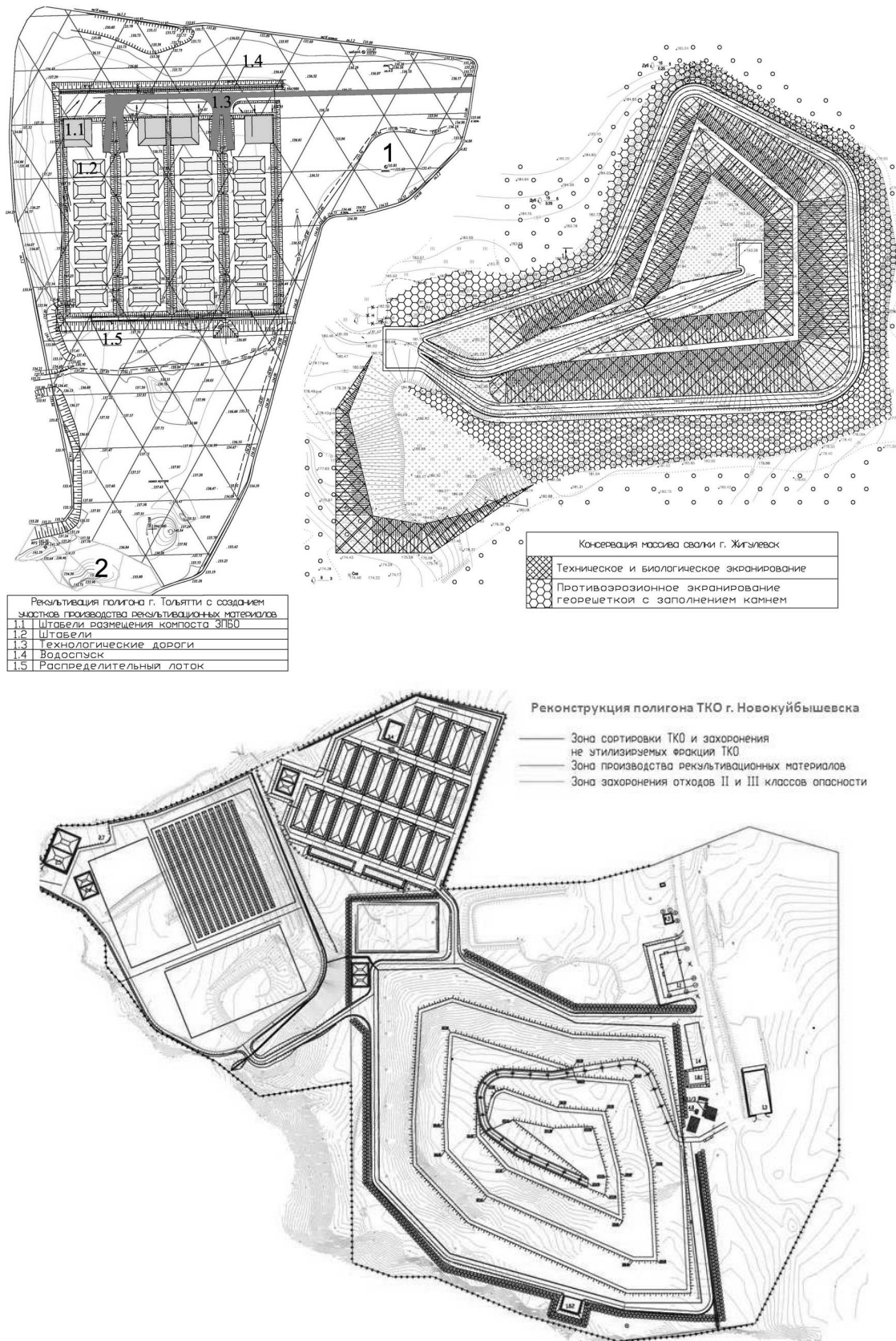


Рис. 4. Планы освоения территорий свалочных массивов после производства восстановительных работ

– дифференцирование свалочных массивов на фрагменты неоднородной структуры и состава с использованием матрично-цифровых методов;

– оценка выделенных фрагментов массива набором структурно-геомеханических, био- и газохимических параметров;

– выбор направлений пофрагментной рекультивации свалочного массива с учетом значений вышепредставленных параметров.

Дифференцирование массивов исследованных объектов размещения отходов на неоднородные фрагменты было выполнено на стадии проведения комплексных инженерных изысканий в период 2012-2015 гг. Конфигурации свалочных тел интерпретированы в виде структурных профилей и цифровых матриц состояния (рис. 1–3). Подобный подход позволил выделить в свалочных массивах фрагменты, неоднородные по влажности, плотности, составу газовой вытяжки, а также отдельным геомеханическим характеристикам. Сопоставление данных показателей с аналогичными значениями грунтов геологической среды в зоне влияния свалок позволило классифицировать выделенные фрагменты на группы: стабильный, условно стабильный и нестабильный. В зависимости от стабильности фрагментов были предложены технологии подготовки территорий свалок и их последующего целевого освоения, в том числе по фрагментам [14].

В табл. 1 представлены основные показатели свалочных тел объектов исследования с пофрагментной дифференциацией толщи и направлениями обращения.

Дифференцирование свалочных массивов с выделением неоднородных фрагментов позволило установить соответствие методов управляемого воздействия состоянию свалочных грунтов. В результате были намечены направления дальнейшего освоения рекультивированных территорий.

Например, поверхность стабильного фрагмента №1 полигона г. Тольятти пригодна к использованию под участок производства рекультивационных материалов (рис. 4). В результате до 10 % нарушенной территории возвращается в хозяйственное использование.

Наиболее стабильным по структурно-геомеханическим и био-газохимическим параметрам является свалочный массив полигона г. Новокуйбышевска. В связи с этим часть его поверхности пригодна к строительству мусоросортировочной станции, узлов брикетирования утильных фракций, а также предприятия по переработке строительного мусора и грунтов экскавации в рекультивационные материалы техногенного происхождения.

Эксплуатация свалки г. Жигулевска осуществлялась в границах особо охраняемой природной территории (ООПТ) – национального парка «Самарская Лука». Данное обременение затрудняет любую хозяйственную деятельность, за исключением рекреации.

Планы освоения территорий свалочных массивов после производства восстановительных работ представлены на рис. 4.

**Вывод.** Подходы к оценке состояния свалочных массивов, выбору методов их пофрагментной рекультивации и последующего целевого освоения были использованы в составе проектных документаций по восстановлению более 50 га территорий, нарушенных размещением твердых коммунальных отходов. В том числе для городских округов Тольятти, Сызрань, Новокуйбышевск, Отрадный, Кинель, сельских поселений Пестровка, Хворостянка, Клявлино.

Техническая обоснованность принятых методов и направлений восстановления подтверждена наличием положительных заключений Государственной экспертизы.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Отчет о комплексных инженерных изысканиях на объекте «Производство работ по ликвидации и рекультивации массивов существующих объектов размещения отходов, в том числе реконструкции их элементов на производство инженерно-экологических изысканий и оценки состояния свалочного тела». Самара, 2014.
2. Вайсман Я.И. Управление отходами. Полигоны захоронения твердых бытовых отходов. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та. 2007. 457 с.
3. Чертес К.Л., Стрелков А.К., Быков Д.Е., Седогин М.П., Тараканов Д.И. Утилизация осадков сточных вод в качестве материала для изоляции ТБО // Водоснабжение и санитарная техника. 2001. №6. С. 36–38.
4. Потапов А.Д., Воронцов Е.А., Тупицына О.В., Сухоносова А.Н., Савельев А.А., Гришин Б.М., Чертес К.Л. Принципы управления экологически безопасным градостроительным восстановлением территорий, нарушенных размещением отходов разного генезиса // Вестник МГСУ. 2014. № 7. С. 110–112.
5. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов, утв. Минстрой России (02.11.1996).
6. Галицкова Ю.М. Совершенствование методов защиты городских территорий от негативного воздействия необустроенных свалок строительных отходов // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. №1(1). С. 106–110. DOI: 10.17673/Vestnik.2011.01.21.
7. Тупицына О.В., Чертес К.Л., Быков Д.Е. Освоение природно-техногенных систем градопромышленных агломераций. Самара, 2014. 336 с.
8. Губанов Л.Н., Зверева А.Ю., Зверева В.И. Рециклирование материалов из твердых бытовых отходов и осадков сточных вод // Вестник СГАСУ. Градостроитель-



ство и архитектура. 2013. №2(10). С. 61–64. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.02.10.

9. Чертес К.Л., Быков Д.Е., Слащук И.А. Комплексное размещение отходов промышленного мегаполиса // Экология и промышленность России. 2003. №2. С. 4–8.

10. Зеленцов Д.В. Проектирование и строительство комплекса переработки нефтезагрязненных грунтов ОАО «Самаранефтегаз» // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 69-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИИР / СГАСУ. Самара, 2012. С. 296–297.

11. Быков Д.Е., Чертес К.Л., Назаров В.Д., Назаров М.В., Тупицына О.В., Гвоздева Н.В., Зеленцов Д.В. Использование осадков сточных вод в качестве биопрепарата для ускорения компостирования ТБО // Экология и промышленность России. 2011. №2. С. 16–18.

Об авторах:

**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. 8(846)337-15-97 E-mail: chertes2007@yandex.ru

**САВЕЛЬЕВ Алексей Александрович**

аспирант кафедры химической технологии и промышленной экологии Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. 8-927-726-08-54 E-mail: alekssaveliev@mail.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: lena030191@yandex.ru

**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

**МИХАСЕК Андрей Александрович**

кандидат технических наук, доцент кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарский государственный архитектурно-строительный университет 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. 8-927-604-16-38 E-mail: andremixas@mail.ru

12. Галицкова Ю.М., Михасек А.А. Использование отходов в промышленном и гидротехническом строительстве // Промышленное и гражданское строительство. 2015. №6. С. 51–54.

13. Зеленцов Д.В., Савельев А.А., Чертес К.Е. Устройство системы пассивной дегазации массивов существующих объектов размещения отходов // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. №4(21). С. 100–102. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.04.13.

14. Тупицына О.В. Комплексная геоэкологическая система исследования и восстановления техногенно нарушенных территорий // Экология и промышленность России. 2011. №3. С. 35–38.

**CHERTES Konstantin**

Doctor of Engineering Science, Professor of Chemical Engineering and Industrial Ecology Department Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 tel. 8(846)337-15-97 E-mail: chertes2007@yandex.ru

**SAVELYEV Aleksey**

Post-Graduate Student, Chemical Engineering and Industrial Ecology Department Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 tel. 8-927-726-08-54 E-mail: alekssaveliev@mail.ru

**MARTYNENKO Elena**

Post-Graduate Student, Chemical Engineering and Industrial Ecology Department Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 tel. 8-927-726-08-59 E-mail: lena030191@yandex.ru

**TUPITSINA Olga**

Doctor of Engineering Science, Associate Professor of Chemical Engineering 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

**MIKHASEK Andrey**

PhD in Engineering Science, Associate Professor of Environmental Protection and Hydrotechnical Construction Department Samara State University of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 194 tel. 8-927-604-16-38 E-mail: andremixas@mail.ru

Для цитирования: Чертес К.Л., Савельев А.А., Мартыненко Е.Г., Тупицына О.В., Михасек А.А. Оценка состояния и освоение территорий Самарской области, занятых размещением твердых бытовых отходов // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. №1(22). С. 49-57. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.01.8.

For citation: Chertes K.L., Savelyev A.A., Martynenko E.G., Tupitsina O.V., Mikhasek A.A. Evaluation of the state and development of territories of samara region used as landfill facilities // Vestnik SGASU. Town Planning and Architecture. 2016. № 1(22). Pp. 49-57. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.01.8.