

# УПРАВЛЕНИЕ БЫТОВЫМИ И ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОТХОДАМИ

---

УДК 504.06443; 658.567

**Л.Н. Ольшанская, Л.С. Коваценко, А.А. Ерошкина**

Энгельский технологический институт (филиал)  
Саратовского государственного технического университета

## МУСОРСОРТИРОВОЧНЫЙ КОМПЛЕКС И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОРТИРОВКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Проанализирована кризисная ситуация с образованием и размещением твердых и твердых бытовых отходов (ТБО) в различных странах мира и в России. Показано, что требуется кардинально изменить подход к решению этой проблемы. Проведен анализ действующего в г.Энгельсе Саратовской области лицензированного полигона ТБО ООО «Промэкология». Даны рекомендации по улучшению качества системы обращения с отходами, путем создания мусоросортировочного комплекса. Комплекс позволит продлить сроки эксплуатации полигона и сэкономить природные ресурсы за счет вторичного использования отходов.

**Ключевые слова:** твердые и твердые бытовые отходы, переработка, сортировка, утилизация, мусоросортировочный комплекс, оборудование.

Одной из самых актуальных и масштабных проблем, связанных с ухудшением качества окружающей природной среды, является нерациональное, экологически опасное и не всегда организованное обращение с отходами [1]. На сегодняшний день особо остро стоит проблема размещения коммунальных отходов, основу которых составляют твердые бытовые отходы (ТБО), осадки канализационных очистных сооружений, мусор с территорий предприятий и общественных учреждений и другие отходы, подобные коммунальным. За последнее десятилетие в России количество ТБО удвоилось и в 2009 г. составило более 40 млн т ( $\approx 190$  млн  $\text{м}^3$ ) [2]. Подавляющая масса ТБО в мире пока складывается на мусорных свалках, стихийных или специально организованных, в виде полигонов-накопителей. Рост объемов ТБО за-

ставляет постоянно увеличивать площади земель, изымаемых из использования, для организации полигонов. Даже в развитых странах захоронение ТБО на полигонах и организованных свалках остается основным методом их утилизации. Так, в Австралии и Канаде на полигонах размещают 90 % всех отходов, в США – 80 %, в Испании и Германии – 66 % [3]. Эксплуатировать полигон более 20 лет не рационально, потому что за это время кардинально меняется состав твердых бытовых отходов. В настоящее время требуется кардинально изменить подход к решению проблемы размещения отходов в окружающей природной среде, разрабатывать и внедрять новые технологии их переработки и утилизации [4].

В настоящее время в развитых странах производится от 1 до 3 кг бытовых отходов на душу населения в день, что составляет десятки и сотни миллионов тонн в год, причем в США это количество увеличивается каждые 10 лет на 10 % [5]. В связи с отсутствием мест для захоронения этого огромного количества отходов на Западе заговорили о кризисе отходов или кризисе свалок. В США города на Северо-Восточном побережье отправляют свой мусор в другие страны в океанских баржах. История самой злополучной из таких барж «Munroe», которая в течение года плавала от порта к порту, пытаясь пристроить мусор из Нью-Джерси, и вернулась домой, так и не сгрузив ни тонны, попала во все экологические хрестоматии и учебники. В японских гаванях насыпаны «мусорные острова» из гор бытовых отходов, производимых в метрополиях [5].

Находящиеся в почве отходы отравляют ее, попадая через подземные воды в водоемы, и представляют огромную опасность для человека и животных. Подземные свалки не заметны на первый взгляд, но на поверхности земли над ними почва отравлена и разрыхлена, она не пригодна ни для строительства, ни для земледелия, ни для выпаса скота. Более того, с поверхности почв над свалками часто испаряются едкие токсичные вещества. Несанкционированное, стихийное складирование ТБО без учета требований и приемов экологической биотехнологии вызывает выделение вредных химических (сероводород, индол, скатол и др.) и биохимических компонентов.

Дополнительным фактором опасности отхода является старение полимерных материалов. Из отдельных полимеров с течением времени или при повышении температуры могут посту-

пать в окружающую природную среду канцерогенные вещества, такие как 3,4-бенз(а)пирен, галоидированные диоксины (ДО), диоксиноподобные вещества (ДПВ) [6]. Особую опасность ДО и ДПВ представляют в виду их высокой способности к комплексообразованию с составными частями гумуса почвы (гуминовые кислоты или фульвокислоты). С аэрозолями воздуха галоидированные ДО и ДПВ также образуют комплексные соединения и, благодаря высокой способности к прилипанию, легко переносятся не только по земле, но и по воздуху. В почве галоидированные ДО и ДПВ разлагаются медленно – до 20 лет; в воде разложение их может длиться до двух лет и более [6]. Действие ДО и ДПВ, находящихся в природной среде в следовых количествах, опасно тем, что они практически не обнаруживаются обычными способами анализа. В то же время, накапливаясь в живом организме, эти вещества являются причинами возникновения онкологических заболеваний, гиперхолестеринемии и др. Токсичность этих ксенобиотиков в десятки тысяч раз больше, чем токсичность цианистого калия. ДО и ДПВ зачастую образуются при обычном бытовом горении мусора, содержащего синтетические материалы неизвестного состава. Бытовые отходы из-за высокого содержания бумаги, картона, текстиля, пластмасс при недостаточной влажности относятся к легковоспламеняющимся твердым веществам, т.е. веществам и материалам, способным воспламеняться от кратковременного (до 30 с) воздействия источника зажигания с низкой энергией (пламя спички, искра, тлеющая сигарета и др.). ТБО при длительном воздействии вызывают коррозию металлической тары и деталей мусоровозов, в составе ТБО присутствуют экотоксиканты (ртуть, цинк, свинец, кадмий, никель, медь, хром и др.), хлор- и фторсодержащие органические соединения, газообразные соединения серы, азота. Состав и объем бытовых отходов чрезвычайно разнообразны и зависят не только от страны и местности, но и от времени года и многих других факторов.

При внимательном рассмотрении проблема отходов представляется более сложной, чем просто нехватка места для новых свалок, которого всегда не хватало: по свидетельству журнала Waste, еще в 1889 г. американский федеральный чиновник жаловался, что «мусор становится некуда выбрасывать, и скоро мы должны будем придумать новый метод избавляться от него» [7]. В то же время свалки занимают не так уж много места, по крайней мере, в географическом масштабе: например, все

бытовые отходы, производимые в России современными темпами в течение 500 лет, можно было бы уместить на площади 600 км<sup>2</sup> (20×30 км) при толщине слоя мусора всего в 25 м [4].

Для решения проблемы образования и использования ТБО необходимо учитывать опыт разных стран, прежде всего Германии, разработавшей и успешно реализующей новые концепции сбора и утилизации бытовых отходов, где работа с ТБО регламентируется директивами ЕС [8]. Успехи Германии в области утилизации отходов – во многом результат целенаправленной политики государства, включающей в себя не только описанные выше законодательные, но также финансовые (целевые займы, дотации, льготное налогообложение) и организационные меры, причем последние ничуть не менее важны. Среди них – содействие научным исследованиям и создание прогрессивных методов переработки отходов, широкая пропаганда и распространение этих методов, информированность населения, образовательные программы [8].

Предварительная сортировка ТБО городским населением и коммунальными службами в России практически не проводится. Бытовые отходы свозятся либо на специальные полигоны, либо идут в печь мусоросжигательных заводов. Оба способа малоэффективны для борьбы с все возрастающим объемом отходов, кроме того, они наносят большой вред окружающей среде. Даже обустроенные по последнему слову техники полигоны создают комплекс экологических проблем [9]. Внедряются различные методы утилизации и обезвреживания ТБО – сжигание, захоронение, рециклинг. Полученные данные позволяют говорить о том, что все существующие в настоящее время и широко используемые в нашей стране способы обращения с отходами имеют большое количество недостатков. Однако комплексное управление ТБО предполагает, что в дополнение к традиционному способу захоронения и складирования, неотъемлемой частью утилизации отходов должны стать такие мероприятия по сокращению количества отходов, как компостирование, сортировка и вторичная переработка отходов, т.е. для более эффективного решения данной проблемы необходим комплексный подход к утилизации отходов [9].

Зарубежные комплексы, купленные и установленные во многих регионах России по весьма солидным ценам, в большинстве случаев не работают. И проблема не в том, что они по своему качеству плохи, нет, просто рассчитаны они на работу с другим поступающим сырьем, т.е. мусором. Известно, что большинство этих заводов весьма успешно работают в своих странах, где уже

десятилетиями налажена система раздельного сбора и транспортировки мусора. К сожалению, в России, да и почти на всем постсоветском пространстве, эта система не работает. По мнению ведущих специалистов-коммунальщиков, экологов, санврачей и психологов, эту проблему не удастся решить в ближайшие 15–20 лет. Следовательно, необходимо решать ее российским специалистам, путем введения технологий извлечения, переработки и вторичного использования ценных компонентов отходов.

И первой важной ступенью рециклинга отходов является внедрение технологических и инженерных идей, связанных с сортировкой проблемного «российского» мусора. Несмотря на большое количество исследований в области создания экологически чистого производства, проблема утилизации, сортировки и переработки отходов остается актуальной и сегодня.

Целью настоящей работы явился анализ действующего на территории г. Энгельса Саратовской области лицензированного полигона ТБО ООО «Промэкология» и разработка рекомендаций по улучшению качества системы обращения с ТБО путем создания мусоросортировочного комплекса, который позволит продлить срок эксплуатации городского полигона и сэкономить природные ресурсы за счет вторичного использования отходов.

В г. Энгельсе твердые и твердые бытовые отходы, образующиеся на промышленных предприятиях, в воинских частях и других организациях, вывозятся на централизованную свалку, расположенную в промышленной зоне, которая играет роль наземного полигона для хранения отходов. Основной состав ТО и ТБО и данные расчета платы за загрязнение окружающей среды представлены в таблице.

### **Основной состав отходов и размеры платы за загрязнение окружающей среды**

Наименование отхода	Количество, т/год	Цена, т/год	Плата за загрязнение окружающей среды, руб.
ЛКМ	130	497,0	159 586,7
Тара	127	497,0	155 903,9
Стекло	135	8,0	2 216,2
ТБО	300	248,4	184 064,4
Бумага	80	8,0	1 313,3
Смет	50	248,4	30 677,4
Ветошь	130	497,0	159 586,7
Песок	140	497,0	171 862,6
Промышленный мусор	133	248,4	81 601,9
<b>И т о г о</b>	<b>1255</b>		<b>946 813,1</b>

Анализ табличных данных показывает, что в составе отходов имеются компоненты, которые могут быть использованы в качестве исходного сырья для производства товаров народного потребления в процессах утилизации и переработки. Это одновременно решает проблему безвозвратных потерь многих ценных компонентов. Известно [1, 2], что ежегодно теряется 9 млн т макулатуры, 1,5 млн т черных и цветных металлов, 2 млн т полимерных материалов, 10 млн т пищевых отходов, 0,5 млн т стекла и др., которые могут быть с успехом переработаны.

Проведенные нами расчеты показали, что вывозить содержимое мусорных контейнеров на полигоны экономически и экологически нецелесообразно.

В настоящее время на территории г. Энгельса с конца 2007 г. действует лицензированное предприятие «Промэкология», которое специализируется на эксплуатации городского полигона ТБО в г. Энгельсе, вывозе твердых бытовых отходов от предприятий и организаций. Земельный участок полигона расположен в 200 м от старой свалки и в 300 м восточнее предприятия «Кристалл». Жилые кварталы г. Энгельса расположены на удалении 13,0 км на северо-запад. Площадь полигона составляет 13,4 га. Установленный размер санитарно-защитной зоны – 1000 м. При поступлении на полигон отходы на контрольно-пропускном пункте проходят дозиметрический контроль с целью исключения несанкционированного складирования отходов, содержащих радионуклиды. На участке складирования предусмотрено устройство четырех котлованов (карт) с целью получения грунта для промежуточной и окончательной изоляции и предотвращения разлива фильтрата по поверхности полигона. Для предотвращения миграции токсичных веществ из ТБО в грунтовые воды днище котлованов изолируется путем сооружения противофильтрационного экрана. Для этих целей применен геосинтетический бентонитовый материал «Р-пласт». Механическая очистка фильтрата с рабочих карт предусмотрена в двухкамерных септиках с последующей перекачкой осветленных вод на увлажнение рабочих карт. Поверхностные воды с территории полигона самотеком собираются в водоотводный лоток и стекают в септики. Для контроля над состоянием грунтовых вод запроектированы контрольные колодцы, расположенные в зеленой зоне. На выезде из полигона предусмотрена контрольно-дезинфицирующая зона с устройством железобетонной ванны

глубиной 30 см для дезинфекции колес мусоровозов. Ванна заполняется трехпроцентным раствором лизола и опилками.

Промежуточная и внешняя изоляция уплотненного ТБО осуществляется грунтом. Промежуточная изоляция в теплое время года осуществляется ежедневно, в холодное время года с интервалами не более трех суток. На полигоне разрешены к размещению 20 видов отходов третьего, четвертого и пятого классов опасности.

Приемная мощность полигона ТБО 75 000 т отходов в год, таким образом, максимальное возможное количество принятых на хранение отходов будет составлять: в 2010 г. – 150 000 т; с 2011 г. – 225 000 т; с 2012 г. – 300 000 т; с 2013 г. – 375 000 т. Согласно рабочему проекту окончание эксплуатации полигона планируется на 2023 г. Однако по факту на полигон поступает больше запланированного количества отходов и тем самым завершение эксплуатации полигона, скорее всего, будет перенесено на 2018 г. Продлить срок эксплуатации полигона можно путем создания мусоросортировочной станции либо на территории полигона, либо в другой части г. Энгельса.

Для решения проблемы минимизации отрицательного влияния наземного полигона на окружающую среду на первом этапе нами предложено создание мусоросортировочного комплекса (МСК) для измельчения и сортировки твердых и твердых бытовых отходов (рис. 1).

Технология сортировки базируется на использовании российских разработок. Комплектация линии осуществляется в основном отечественным оборудованием – серийным и нестандартизированным, проверенным в условиях опытно-экспериментального и промышленного производства.

Нами произведен выбор и расчет оборудования с учетом его реальной производительности и пропускной способности в практических условиях переработки ТБО. Часть оборудования серийно выпускается на заводах СНГ, небольшая часть (дробильное оборудование) закупается за рубежом.

Технологическая линия сортировки ТБО (рис. 2) представляет собой систему ленточных конвейеров (выпускает фирма «ЦИН», г. Люберцы, Московская обл., Белохолуницкий завод), сепарирующие аппараты и устройства (ЗАО «Луганский машиностроительный завод», завод «Строймашина» г. Бологое, Тверская обл.), грохот барабанный (МГО «КОММАШ», С.-Петербург), пресс

пакетировочный гидравлический БВ-1330 (завод КПО, г. Азов), питатель пластинчатый 2-24-90 Ш (АО «Электросталь ТяжМаш»).

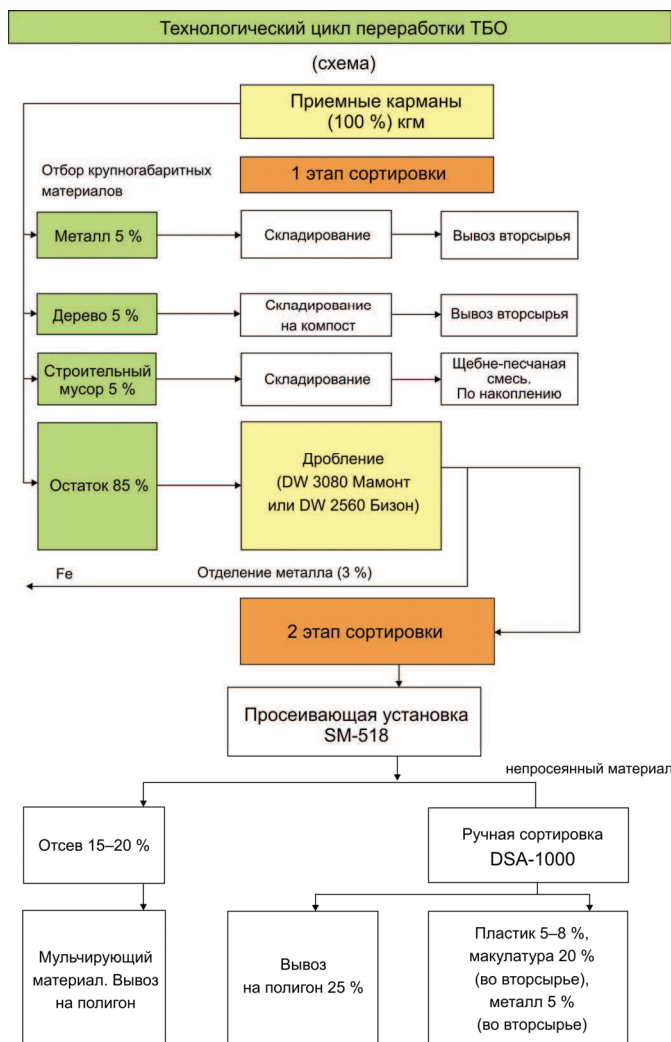


Рис. 1. Мусоросортировочный комплекс для измельчения и сортировки ТБО

Прием ТБО осуществляется в приемном отделении. Здесь из ТБО извлекаются крупногабаритные отходы, мебель, электроприборы, для чего предусмотрена подвесная кран-балка. Из приемного отделения отходы пластинчатым конвейером пересыпаются в барабанный сепаратор, служащий для усреднения и разрыхления потока ТБО перед сортировкой и отделения мел-



кой (менее 80 мм) фракции, которая характеризуется повышенной влажностью и не подлежит сортировке. Поступающие в грохот отходы моментально подвергаются интенсивному перемещению в вертикальной и горизонтальной плоскостях, при этом происходит их резкое разделение и разряжение из спрессованного состояния. Отсев просыпается на конвейерную ленту желобчатого ленточного конвейера, размещенного под барабанным грохотом и отводится по ней на перегрузку в другой желобчатый наклонный конвейер, приводной барабан которого выполнен из магнитного материала и выполняет функции металлосепаратора, затем отсев направляется в прессовочное отделение и далее вывозится на полигон. Надрешетный продукт передается на сортировочную линию с производительностью 120 000 т/год.

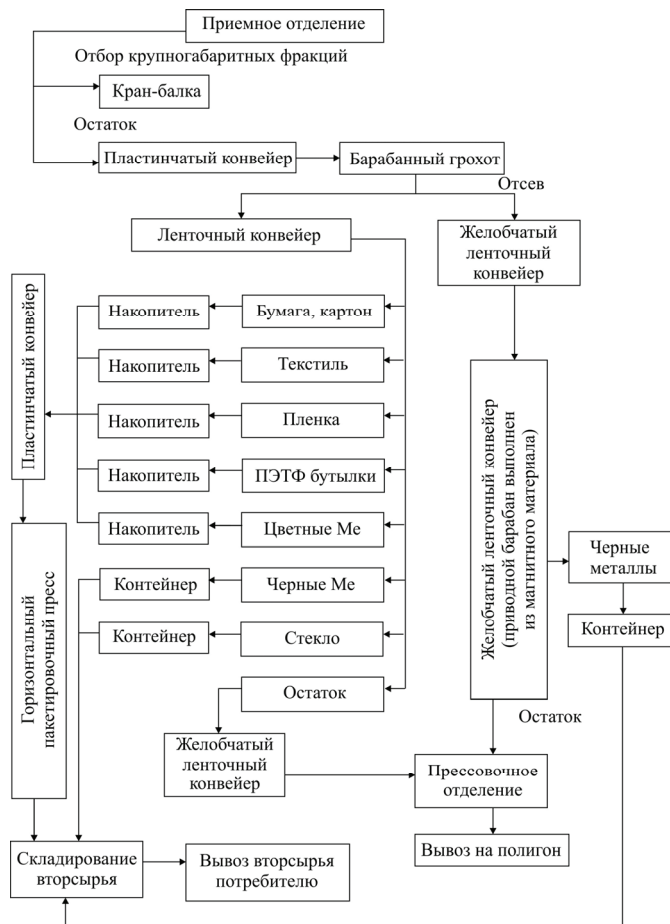


Рис. 2. Технологическая схема и оборудование для сортировки ТБО

Сортировочная линия представлена ленточным конвейером. Рабочие ручной сортировки производят отбор предметов определенной морфологии и бросают их в сортировочные окна с откидными крышками. Поступившие на сортировочный стол предметы имеют относительно равные размеры, что позволяет производить их удаление с максимальной производительностью и безопасностью для рабочего-сортировщика. Накопленные в отделениях предварительного складирования вторичные материалы периодически сдвигаются погрузчиком на пластинчатый конвейер, который подает их на гидравлический горизонтальный пресс для прессования в тюки заданных размеров, формы и веса. Бумага, картон, текстиль, полиэтиленовая пленка и пластиковые бутылки прессуются в кипы. Стекло накапливается в контейнерах. Фракция ферромагнитных черных металлов отбирается автоматическим магнитным сепаратором, накапливается в контейнерах. Лом цветных металлов (в основном алюминиевые банки) перед отправкой потребителю также прессуются.

Неотсортированные отходы далее перемещаются на ленточный конвейер, направляющий их в прессовочное отделение, после чего они вывозятся на полигон для захоронения.

Если МСК будет введен в действие, то исходя из заданного морфологического состава ТБО и производительности комплекса можно повторно вернуть в производство (т/год): 38 280 – бумаги и картона; 4320 – текстиля; 2680 – полимерной пленки; 2480 – пластиковых бутылок; 2300 – лома черных металлов; 1120 – лома цветных металлов; 5040 – стекла.

Рассчитанные затраты на оборудование с учетом установки и прочих расходов составят 126 686 320 руб. При этом доход от работы предприятия составит 104 344 200 руб. в год, а чистая прибыль – 54 366 190 руб. в год. Полученная нами рентабельность 43 % показывает, что проектируемое предприятие не носит убыточный характер, а будет самоокупаемым. Срок окупаемости с момента его запуска составит  $\approx 2,3$  года.

На основе проведенного маркетингового исследования определен перечень предприятий – потребителей продукции предлагаемого производства, а именно: макулатуры, стеклобоя, полимеров, черных и цветных металлов.

Таким образом, применение комплекса позволит уменьшить объем захороняемых ТБО примерно в 8–10 раз, а также извлечь из отходов примерно 40–45 % вторичного сырья.

В результате измельчения и получения фракции материала менее 30 см и, соответственно, более плотной укладки захороняемых ТБО, исключается появление пустот и провалов поверхности полигонов.

Комплекс не требует капитального строительства, предназначен для работы под открытым небом и в зимних условиях. Мобильность комплекса дает возможность использования его на других полигонах по мере их заполнения или на стихийных свалках, а также на строительных площадках и парковых зонах. Автономность (каждая установка приводится в действие от своего дизельного двигателя) позволяет использовать отдельно каждую установку в зависимости от потребности.

### Библиографический список

1. Твердые бытовые отходы: проблемы и решения / О.А. Макаров, И.В. Тюменцева, А.С. Горленко, С.А. Яковлева // Экология и промышленность России. – 2000. – Сентябрь. – С. 41–45.
2. Полигоны для размещения твердых бытовых отходов в отработанных карьерах / Н.Н. Ендураева, Д.Е. Быков, К.Л. Чертес, Н.А. Гарнец // ЭКИП России. – 2007. – Февраль. – С. 34–37.
3. Леонтьев Л.И., Юсфин Ю.С., Черноусов П.И. Отходы: воздействие на окружающую среду и пути утилизации // ЭКИП России. – 2003. – Март. – С. 32–35.
4. Пономарев М.В., Кичигин Н.В., Енисейская Н.А. Комментарий к ФЗ «Об отходах производства и потребления» (постатейный). – М.: Деловой двор, 2009. – 232 с.
5. Булгаков С.Н. Новые технологии комплексной переработки твердых коммунальных отходов – дублирующая сырьевая экономика // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2007. – № 6. – С. 62–64.
6. Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности (Основы энвайронменталистики). – М.: Высшая школа, 2008. – 800 с.
7. Как в Германии решают проблему утилизации бытовых отходов / Л.И. Соколов, С.М. Кибардина, С. Фламме, П. Хазенкамп // ЭКИП России. – 2009. – Апрель. – С. 32–37.
8. Селективный сбор отходов / Л.И. Соколов, С.М. Кибардина, С. Фламме, П. Хазенкамп // ЭКИП России. – 2009. – Июль. – С. 56–59.
9. Инструменты внедрения раздельного сбора ТБО в крупных городах Российской Федерации / Ю.В. Куликова, В.Н. Коротаев, Я.И. Вайсман, В.Ю. Петров // ЭКИП России. – 2010. – Март. – С. 32–37.

Получено 1.11.2011