

Дрозд Г.Я., д.т.н., Бреус Р.В., к.т.н.

ЛНАУ, г. Луганск

## УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*В статье приведена технология утилизации осадка сточных вод, апробированная в промышленных условиях с экономическим эффектом от ее внедрения.*

### Введение

Современные технологии промышленной обработки осадков сточных вод требуют дорогостоящего оборудования и высокой энергоемкости. В то же время переработка и использование накопленных многотоннажных осадков сточных вод при кооперировании со строительной индустрией позволяют быстро получить реальные экономические и социально-экологические результаты при минимальных затратах [1].

Примером утилизации осадков сточных вод может служить технология производства асфальтобетона. Сущность разработанной технологии заключается в том, что специально подготовленный отход (осадок) используется в качестве наполнителя (минерального порошка) при производстве асфальтобетона.

**Цель работы** осуществить практическую апробацию теоретических и экспериментальных исследований по утилизации осадков сточных вод (ОСВ) в дорожном строительстве и выполнить оценку экономического эффекта от экспериментального внедрения технологии.

**Постановка задачи.** В ходе проведения ряда экспериментов по изучению свойств ОСВ и добавки его в качестве наполнителя в асфальтобетон была определена его положительная роль в структурообразовании асфальтобетона. Для эффективного использования ОСВ необходимо провести ряд подготовительных операций, преобразующих его в сухой порошкообразный материал со схожими свойствами минерального порошка [2].

Для достижения этой задачи предлагается устраивать на территории, занятой под отвалы, специальные сооружения, где будут осуществляться процессы сушки и механического диспергирования отходов, для получения из них необходимого продукта. На рис. 1 представлена технологическая схема подготовки ОСВ.

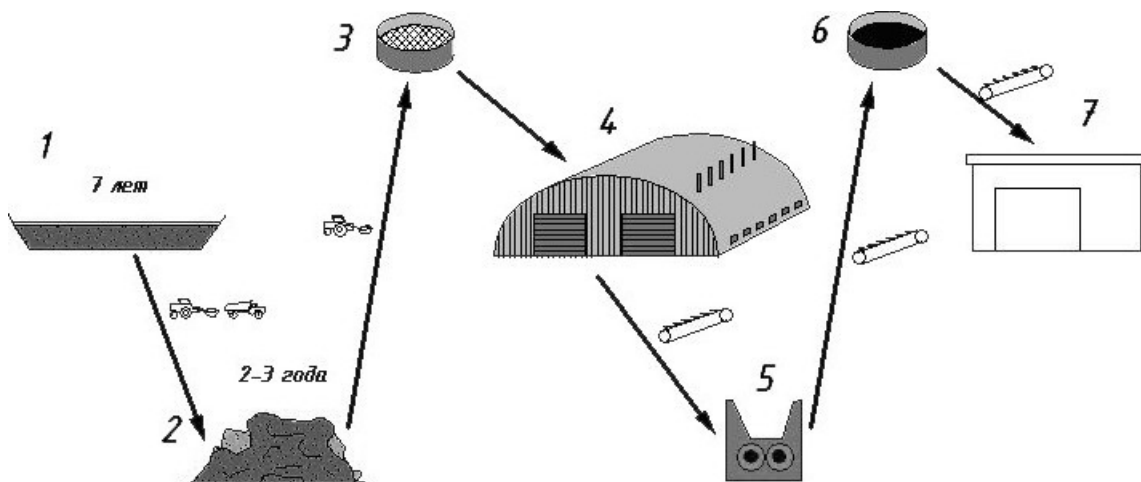


Рис. 1. Предлагаемая технологическая схема по подготовке ОСВ к утилизации в дорожном строительстве

После очистки сточных вод, образовавшийся осадок сбрасывается на иловые площадки (1), где согласно технологии, предусмотренной на очистных сооружениях, выдерживается не менее семи лет с целью минерализации и достижения влажности менее 70%. Затем иловые площадки освобождаются, и осадок транспортируется в отвалы (2), где в нем продолжают процессы обезвоживания и минерализации.

В отвалах осадок, в зависимости от погодных условий, имеет влажность 30-40% и включает в себя посторонние примеси: остатки мусора, растений и пр. Для удаления этих примесей и одновременно для разрыхления комков производится предварительный просев осадка через сито с размером ячеек 5 мм (3).

Следующим этапом подготовки является сушка просеянного материала. Из многочисленных способов сушки сыпучих материалов самым простым и дешевым является естественная сушка. Чтобы оградить ОСВ от погодных воздействий и ускорить процесс сушки, сооружается ангар (4), покрытый металлическими или пластиковыми листами и оборудованный средствами естественной вентиляции, обеспечивающими циркуляцию воздуха. При этом происходит процесс интенсивного обезвоживания осадка под действием повышенной температуры внутри ангара вследствие солнечного воздействия в весенне-летне-осенний период и дополнительной вентиляции через систему вентканалов. Для ускорения просушивания материал рассыпают слоем толщиной 0,1-0,5 м и периодически производят рыхление.

Высушенный материал подвергается механическому диспергированию — измельчению на валковой мельнице (5) комочков ОСВ. Завершающим этапом является просев материала через сито с размером ячеек 1,25 мм (6) с целью удаления более мелких частиц мусора и растений для получения необходимой фракции при использовании как наполнителя в асфальтобетон. Полученный материал отправляется на склад (7). На рис. 2 представлен внешний вид ОСВ на различных этапах подготовки.

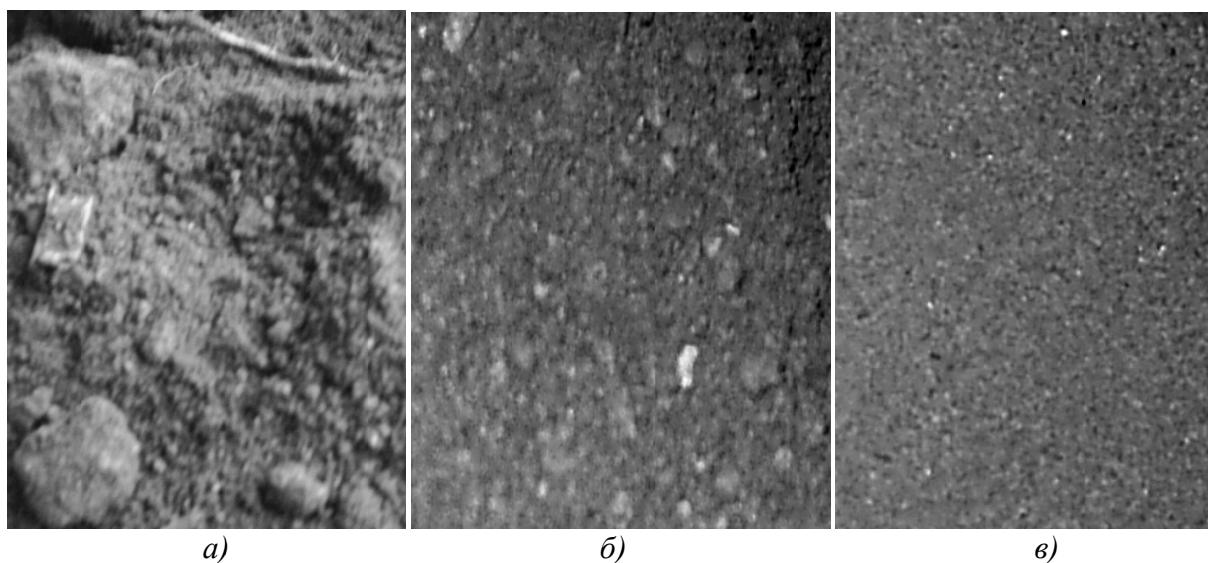


Рис. 2. Внешний вид ОСВ на различных этапах подготовки:

*а)* в естественном виде; *б)* просеянный через сито 5 мм; *в)* полученный материал

Складирование подготовленного к утилизации осадка означает, что из категории отходов он переходит в категорию полезного продукта — сырьевого компонента асфальтобетонной смеси [3].

Проведя ряд экспериментальных исследований по определению физико-механических свойств асфальтобетона с различным содержанием наполнителя ОСВ, был установлен оптимальный состав смеси с наиболее эффективным пределом варьирования количества добавки — от 6 до 8% [4].

При проведении промышленной апробации в состав асфальтобетонной смеси входили следующие компоненты: щебеночно-песчаная смесь Краснодонского карьера — 94%, битум БНД 60/90 — 7% и наполнитель ОСВ, взятый из отвала №12 Октябрьской СБО — 6%.

На рис. 3 приведена схема процесса изготовления асфальтобетонной смеси с введением ОСВ. Отметим, что в ней используется традиционный для асфальтобетонных заводов парк оборудования.

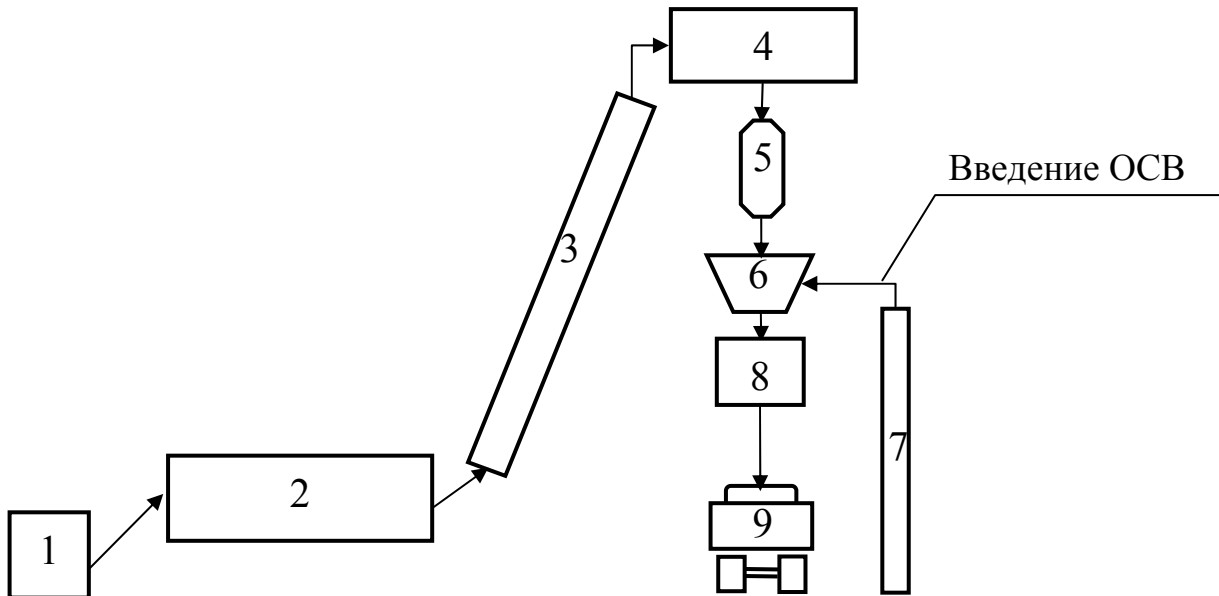


Рис. 3. Схема процесса изготовления асфальтобетонной смеси с введением ОСВ

Щебеночно-песчаная смесь подается бульдозером на питатель (1), откуда по ковшовому элеватору попадает в сушильный барабан (2). Из сушильного барабана высушенный и нагретый материал по лотку попадает на второй элеватор (3), который поднимает его на смесяграт, состоящий из грохота (4) и бункера для горячих материалов (5). Далее горячий материал попадает в весовой бункер (6) и одновременно в него подается, в холодном состоянии, при помощи отдельного элеватора (7) порошок ОСВ. Из бункера материалы проходят через дозатор и попадают в двухвальную мешалку (8), куда по битумной трубе подается предварительно разогретый битум. Продолжительность перемешивания горячей асфальтобетонной смеси (включая и "сухое" перемешивание, 1/3 от общего времени), составляет 45-60 с. Масса одной порции асфальтобетонной смеси, приготовленной в мешалке, составляет до 700 кг. Смесь выгружается через отверстие, расположенное в нижней части мешалки, в автосамосвал (9). Последними смесь перевозится на объект дорожного строительства, где проходит стандартный процесс укладки на предварительно подготовленное место под дорожное полотно.

На рис. 4 в иллюстрационном виде приведен весь этап изготовления и укладки асфальтобетонной смеси.

В результате получено дорожное покрытие, по физико-механическим характеристикам отвечающее требованиям ДСТУ Б.В.2.7-119-2003 [5] и не уступающее покрытиям из традиционных материалов.

Рассчитывая общий экономический эффект от утилизации, необходимо учесть эффект от внедрения асфальтобетонной смеси с наполнителем из ОСВ в сфере производства и эффект от предотвращения оплаты за содержание отвалов и захоронения отходов в сфере их накопления.

Таблица 1

Физико-механические характеристики вырубков дорожного полотна с наполнителем — ОСВ

Материал	Процентное содержание	Прочность при сжатии, МПа		Водонасыщение	Набухание	Прочность в водонасыщенном состоянии, МПа	Коэффициент водоустойчивости
		20 °С,	50 °С				
Щебеночно-песчаная смесь	94%	7	2,7	2,5	0,6	6,5	0,93
Осадок сточных вод из отвала №12 ОСБО	6%						
Битум БНД 60/90	7%						
Требования ДСТУ [5] Б.В.2.7-119-2003, тип В	—	2,6-2,4	1,3-1,2	1,0-2,5	0,5-0,85	—	не менее 0,85

Экспериментальное внедрение было осуществлено на территории промышленной базы КП «Луганская МДПМК-34». Объем произведенного и уложенного в покрытие асфальтобетона составил 55 т, в состав которого входило 3,3 т подготовленного осадка.

Внедрение осуществлялось в мае 2005 г. при благоприятных погодных условиях. По результатам экспериментального внедрения выполнена оценка экономической эффективности предложенной технологии.

Расчет произведен по формуле [6]

$$\Theta = 3_1 \frac{Y_1}{Y_2} + \frac{(I_1 - I_2) - E_n(K_2 - K_1)}{Y_2} - 3_2 A_2, \quad (1)$$

где  $3_1$  и  $3_2$  — приведенные затраты на производство единицы базового и нового материала;

$Y_1$  и  $Y_2$  — удельные расходы соответственно базового и нового материала на единицу конструктивного элемента (вида работ) в натуральных единицах;

$I_1$  и  $I_2$  — затраты на выполнение работ при использовании базового и нового материала (без учета стоимости) на единицу конструктивного материала, грн;

$K_1$  и  $K_2$  — сопутствующие капитальные вложения в строительстве при использовании базового и нового материала, грн;

$A_2$  — годовой объем производства нового материала за расчетный период, в натуральных единицах.

1. Экономический эффект от внедрения асфальтобетонной смеси с наполнителем из ОСВ.

Базовый вариант:

Асфальтобетонный завод КП «Луганская МДПМК-34» использует минеральный порошок, полученный промышленным способом, стоимостью 143,96 грн за 1 т.



a)



б)



в)



г)



д)



е)

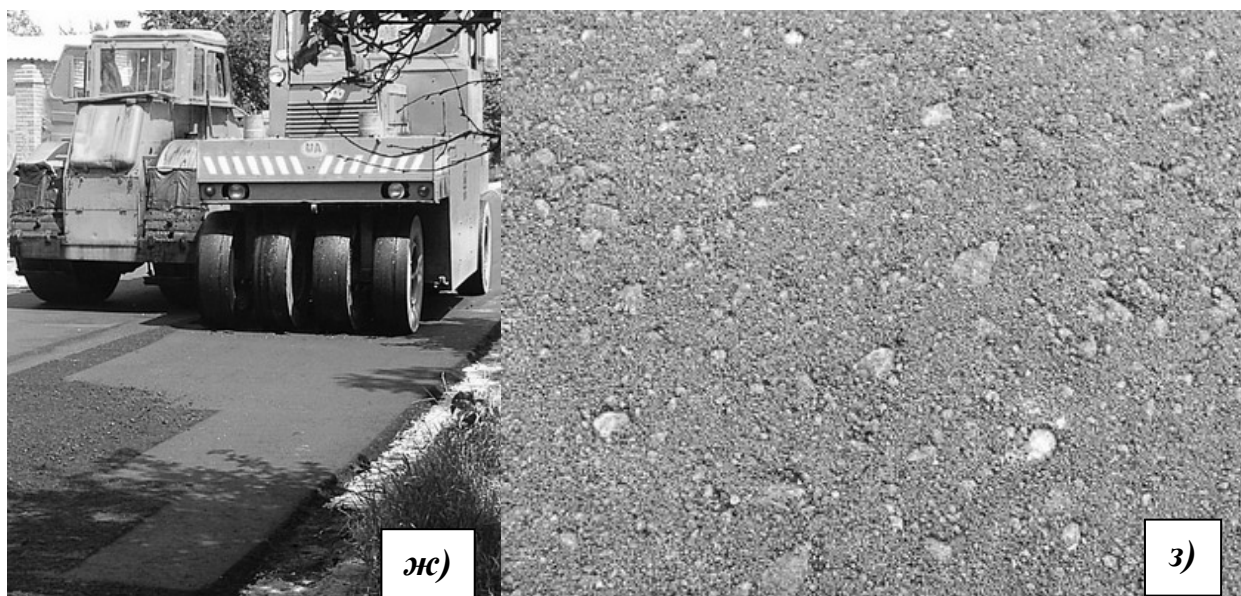


Рис. 4. Изготовление и укладка асфальтобетонной смеси

*а)* подача щебеночно-песчаной смеси в питатель; *б)* прохождение материала через сушильный барабан; *в)* подача ОСВ; *г)* приготовление асфальтобетонной смеси в смесительном агрегате и погрузка в автосамосвал; *д), е)* выгрузка смеси в приемный бункер асфальтоукладчика и ее укладка; *ж)* уплотнение уложенного слоя катками; *з)* готовое покрытие (увеличено)

Новый вариант:

В качестве нового варианта принят порошок ОСВ, при определении стоимости которого были учтены разработка из отвала экскаватором, емкостью ковша  $0,25 \text{ м}^3$  и транспортировка на расстояние 30 км. Ориентировочная стоимость порошка ОСВ составила 27,5 грн за 1 т.

Так как удельные расходы ( $У_1$  и  $У_2$ ), затраты на выполнение работ ( $И_1$  и  $И_2$ ) без учета стоимости, сопутствующие капитальные вложения ( $К_1$  и  $К_2$ ) в сравниваемых вариантах имеют одинаковые значения, то указанные величины при расчете формулы «методом на разность» сокращаются, и данная формула принимает вид

$$\mathcal{E}' = (3_1 - 3_2)A_2 = (C_1 - C_2)A_2, \quad (2)$$

где  $A_2$  — объем нового произведенного материала,  $A_2 = 55 \text{ т}$ ;

$C_1$  и  $C_2$  — соответственно себестоимость 1 т асфальтобетонной смеси с наполнителем минеральным порошком и 1 т асфальтобетонной смеси с наполнителем осадком сточных вод.

Подставляя в выражение (2) численные значения, получаем величину экономического эффекта от внедрения

$$\mathcal{E}' = 17089,28 - 16390,52 = 698,76 \text{ грн.}$$

Отсюда ориентировочный экономический эффект на 1 т асфальтобетонной смеси будет:

$$\mathcal{E}'_{\text{т}} = 12,70 \text{ грн.}$$

Расчет единичной стоимости  
Е27-67-5 Приготовление плотной мелкозернистой асфальтобетонной смеси [7, 8, 9]

№ п/п	Шифр ресурса	Наименование затрат и ресурсов	Ед. изм.	Кол-во	Базовый вариант		Новый вариант	
					Стоимость, грн			
					един.	всего	един.	всего
1		<b>Зарплата</b> Затраты труда рабочих – строителей Средний разряд работ – 3,3 <b>Итого:</b>	чел.-ч	33,28	5,64	187,70	–/–	–/–
2	C270-80	<b>Стоимость эксплуатации машин и механизмов</b> Заводы асфальтобетонные с дистанционным управлением, производительностью 50 м/ч Средний разряд работ – 3,7 <b>Итого:</b> в т.ч. зарплата машинистов	маш.-ч чел.-ч	5,09 123,178	902,91 5,91	4595,81 727,97	–/–	–/–
3	C111-1556 C1421-9601-1 C1421-9940	<b>Стоимость материалов, изделий и конструкций</b> Битумы нефтяные дорожные БНД 60/90, 1 сорт Щебеночно-песчаная смесь Порошок минеральный для асфальтобетонных смесей активированный Порошок ОСВ <b>Итого:</b>	т м <sup>3</sup> т т	7 54,4 6 6	1125,0 65,57 143,96	7875,0 3567,01 863,76	–/– –/– 27,50	–/– –/– 165,0
		<b>Итого:</b>				<b>12305,77</b>		<b>11607,01</b>
		<b>ВСЕГО:</b>				<b>17089,28</b>		<b>16390,52</b>

Составлен в текущих ценах по состоянию на 29 апреля 2005 года.

2. Экономический эффект от предотвращения оплаты за содержание отвалов и захоронения отходов.

Расчет произведен по формуле [8]

$$\mathcal{E}^H = H_6 \times M \times k_m \times k_o \times k_{инд}, \quad (3)$$

где  $H_6$  — базовый норматив оплаты за размещение 1 тонны отходов,  $H_6 = 0,03$  грн (по данным отдела ООС КП "Лугансквода");

$M$  — масса утилизируемого ОСВ при внедрении,  $m$ ,  $M = 3,3$  т;

$k_m$  — коэффициент, учитывающий расположения места (зоны) при складировании отходов,  $k_m = 3$ ;

$k_o$  — коэффициент, учитывающий характер оборудования места складирования отходов,  $k_o = 3$ ;

$k_{инд}$  — коэффициент индексации,  $k_{инд} = 5$ .

Подставляя в выражение (3) численные значения, получаем величину экономического эффекта от предотвращения оплаты за содержание отвалов и захоронения отходов:

$$\mathcal{E}^{\text{II}} = 0,30 \times 3,3 \times 3 \times 3 \times 5 = 44,55 \text{ грн.}$$

Общий экономический эффект от утилизации осадка сточных вод в производстве асфальтобетона при промышленной апробации составляет

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}^{\text{I}} + \mathcal{E}^{\text{II}} = 698,76 + 44,55 = 743,31 \text{ грн.},$$

а на 1 т асфальтобетона —  $\mathcal{E}_{1\text{т}} = 13,51 \text{ грн.}$

### **Выводы**

1. Осадкам сточных вод в результате технологических операций: сушки, измельчения и просева придаются свойства, позволяющие использовать их в качестве компонента (наполнителя) асфальтобетонных смесей.

2. Трехлетние наблюдения за экспериментальным участком дорожной одежды показали высокое качество получаемого покрытия.

3. Разработанная технология утилизации ОСВ позволяет использовать традиционные производственные базы, парк оборудования, машины и механизмы.

4. Предложенная технология утилизации ОСВ является экономически оправданной с получением экономического эффекта как в сфере дорожного строительства, так и в сфере накопления отходов, и одновременно является одним из путей решения экологической проблемы.

### **Список литературы**

1. Дрозд Г.Я. Техничко-екологічні записки по проблемі утилізації осадків городських і промислових стічних вод / Г.Я. Дрозд, Н.И. Зотов, В.Н. Маслак. — Донецк: ИЭП НАН Украины, 2001. — 340с.
2. Пат. № 26095 Україна, МПК С0271/52-1/56, 7С04В26/26. Спосіб утилізації осадів міських стічних вод / Бреус Р.В., Дрозд Г.Я. — № u200612901; заявл. 06.12.2006; опубл. 10.09.07, Бюл. №14.
3. Дорожный асфальтобетон /Под ред. Л.Б. Гезенцева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1985. — 350с.
4. Пат. № 17974 Україна. МПК С04В26/26. Асфальтобетонна суміш / Бреус Р.В., Дрозд Г.Я., Гусенцова Є.С. — № u200604831; заявл. 03.05.2006; опубл. 16.10.2006, Бюл. №10.
5. Смесей асфальтобетонные и асфальтобетон дорожный и аэродромный. Технические условия: ДСТУ Б.В. 2.7-119-2003. — К.: Госстрой Украины, 2003.
6. Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. — М.: Госстрой СССР, 1979. — 65 с.
7. Определение ресурсных элементных сметных норм на строительные работы: ДБН Д.2.2-27-99. — К.: Госстрой Украины, 1999.
8. Методика определения размеров платежей за загрязнение окружающей среды. Офіційний додаток // Рідна природа. — 1993. — №3.

Стаття надійшла до редакції 22.01.09

© Дрозд Г.Я., Бреус Р.В., 2009