

УДК 502/504:631.61:628.3

В. И. СМЕТАНИН, В. Н. ЗЕМСКОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Утилизация осадков сточных вод (ОСВ) – это проблема всех больших городов. В Российской Федерации за год образуется порядка 2 млн т осадков сточных вод по сухому веществу (при исходной влажности 98 % их масса достигает 100 млн т). В Московской области накоплено более 120 млн т неutilizированных осадков сточных вод, ежегодно эта цифра увеличивается на 14...20 млн т, суммарная площадь иловых полей превысила 700 га (из проекта областной программы).

Осадки городских очистных сооружений представляют собой органические (до 80 %) и минеральные (около 20 %) примеси, выделенные из воды в результате механической, биологической и физико-химической очистки. Проблема утилизации ОСВ актуальна для всех стран, включая и Россию.

Сточные воды, очистка сточных вод, осадки сточных вод (ОСВ), рекультивация нарушенных земель выработанными карьерами, рекультивационные режимы, уплотнение грунтов и грунтовых смесей, несущая способность грунтов и грунтовых смесей, плотность грунтов и грунтовых смесей.

Utilization of the sewage formed sludge is a problem of all large cities. In the Russian Federation there are annually formed about 2 mln t of waste water sludge on the dry matter (under the initial moisture 98 % their weight reaches 100 mln t). In the Moscow region there are accumulated more than 120 mln t of the non-utilized sewage sludge, annually this number is increased by 14...20 mln t, the total area of mud fields has exceeded 700 ha (from the draft regional program).

The sewage of urban treatment plants are organic (up to 80 %) and mineral (about 20 %) admixtures recovered from water by means of mechanical, biological and physical-chemical treatment. The problem of sewage sludge utilization is urgent for all countries including Russia.

Sewage, sewage treatment, sewage sludge, recultivation of the lands broken by depleted strip mines, recultivation regimes, compaction of soils and soil mixtures, carrying capacity of soils and soil mixtures, density of soils and soil mixtures.

В состав осадков сточных вод входят вещества, обладающие общетоксическими, токсикогенетическими, эмбриотоксическими, канцерогенными и другими негативными свойствами. Хранящиеся на иловых картах и отвалах осадки сточных вод по своей сути являются отходами производства, относимыми ко второму (высоко опасные) или третьему (опасные) классам опасности. Осадки сточных вод выделяют вредные газы, в основном метан и углекислый газ, загрязняют атмосферный воздух [1].

Основная масса осадков складывается на иловых площадках и отвалах, создавая технологические проблемы в процессе очистки стоков. В 99 % случаев иловые карты расположены рядом с очистными сооружениями, имеющими

сброс в водные объекты. На большинстве очистных сооружений за последние 10–15 лет очистка иловых карт не осуществлялась. Многие карты к настоящему времени переполнены, из-за чего размещение вновь образующихся осадков становится проблематичным.

Длительное хранение осадка сточных вод на иловых площадках и отвалах, как правило, приводит к загрязнению поверхностных и подземных вод, почвы и атмосферного воздуха. Загрязнению водной вытяжкой из осадков сточных вод (фильтрат) подвергаются зоны аэрации горных пород, подземные и грунтовые воды, что негативно отражается на качестве окружающей среды, и эта проблема с каждым годом обостряется и требует безотлагательного разрешения.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема очистки сточных вод на современных очистных сооружениях, где

удаляют содержащиеся в сточных водах взвешенные, коллоидные и растворенные вещества [2].

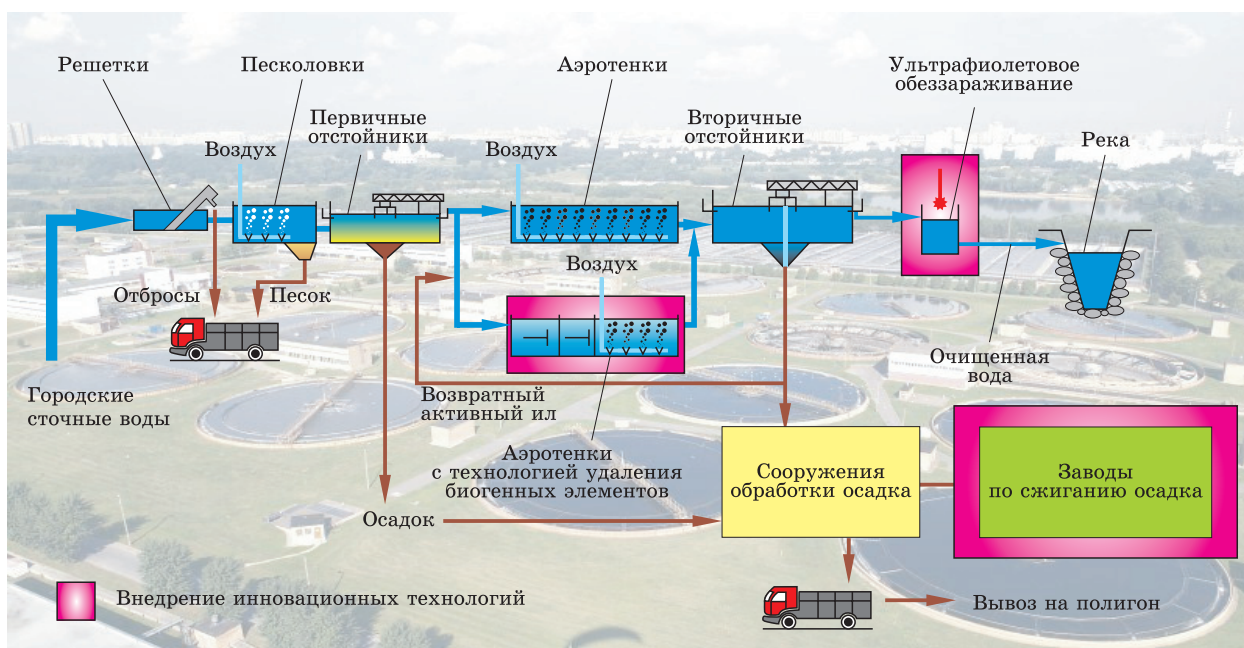


Рис. 1. Принципиальная схема очистки сточных вод на очистных сооружениях

Технология очистки сточных вод включает две ступени: механическую очистку (процеживание сточных вод через решетки, улавливание минеральных примесей в песколовках и отстаивание воды в первичных отстойниках) и биологическую очистку (очистка воды в аэротенках и вторичных отстойниках). С целью снижения класса опасности ОСВ как отхода производства до четвертого или пятого класса на станциях аэрации применяют инновационные технологии, позволяющие на стадии биологической очистки удалять избыточные концентрации биогенных элементов и других загрязняющих веществ.

Кроме того, механический способ очистки сточных вод тоже делится на две стадии. Вначале сточные воды пропускают через решетки, имеющие прозоры от 5 до 10 мм, на которых удаляют грубодисперсные частицы. После решеток сточные воды поступают в песколовки – сооружения, служащие для удаления минеральных примесей, содержащихся в поступающей воде. К минеральным загрязнениям, находящимся в сточных водах, относятся: песчаные и глинистые частицы, растворы минеральных солей, минеральные масла.

Пройдя ступени механической очистки, сточные воды поступают в первичные

отстойники, предназначенные для осаждения из сточной воды нерастворенных примесей. Осветленная сточная вода после первичных отстойников подвергается полной биологической очистке в аэротенках. Аэротенки – открытые железобетонные сооружения прямоугольной формы двух- и четырехкоридорного типа. Биологическая очистка сточных вод осуществляется с помощью активного ила при принудительной подаче воздуха.

Иловая смесь из аэротенков поступает во вторичные отстойники, где происходит процесс отделения активного ила от очищенной воды, которая, в свою очередь, может поступать для нужд технического водоснабжения ряда предприятий, пройдя доочистку в блоке ультрафиолетового обеззараживания.

Осадки, образующиеся на различных этапах очистки сточных вод, поступают на единый комплекс по обработке осадков. Смесь сырых осадков первичных отстойников и уплотненного активного ила поступает в метантенки, где в термофильном режиме при температуре 50...55 °С происходит их стабилизация и обезвреживание. Затем сброженные осадки подвергаются промывке и уплотнению в радиальных илоуплотнителях. Промытые и обезвреженные осадки поступают на камерные мембранные фильтр-прессы, где

обезвоживаются с помощью флокулянтов. Обезвоженные осадки «кек» влажностью от 70 до 75 % автотранспортом вывозят на утилизацию.

Осадки сточных вод с учетом уровня их загрязнения могут быть утилизированы следующими способами: захоронением, размещением на специальных

площадках, сжиганием, применением в сельском хозяйстве. Осадки сточных вод используют в качестве одного из компонентов при производстве строительных материалов.

Применение различных способов утилизации ОСВ в европейских странах приведено в табл. 1 [3].

Таблица 1
Методы утилизации осадков сточных вод в европейских странах

Страна	Методы утилизации, %			
	Применение в сельском хозяйстве	Захоронение в свалках	Сжигание	Другие
Австрия	13 (20)	56 (10)	31 (60)	0 (0)
Швейцария	50 (50)	30 (10)	20 (40)	0 (0)
Германия	25 (40)	55 (0)	15 (30)	5 (30)
Дания	27 (+)	28 (-)	36 (-)	9 (+)
Швеция	15 (+)	70 (0)	0	15 (+)
Англия	53 (+)	16 (+)	7 (+)	24*(-)
Финляндия	27 (15)	36 (25)	0 (0)	37 (60)

Примечания: 1. В скобках – распространение методов утилизации в перспективе (+ увеличение, – уменьшение); 2. * – сбрасывается в море.

В европейских странах предпочтение отдается утилизации осадков на свалках и полигонах ТБО и их использованию в сельском хозяйстве в качестве органоминерального удобрения. При определении способа утилизации осадков сточных

вод необходимо принимать во внимание, что данный вид отходов имеет различную степень загрязнения и разный класс опасности. В табл. 2 представлены способы утилизации в зависимости от уровня загрязнения.

Таблица 2
Возможные способы утилизации осадков городских очистных сооружений в зависимости от уровня их загрязнения

Способ утилизации	Уровень загрязнения ¹				
	Допустимый	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий
Использование в качестве удобрения: под сельскохозяйственные культуры при благоустройстве и озеленении городов, придорожных полос при рекультивации нарушенных и загрязненных земель	++	+ ²	–	–	–
на лесопитомниках, специальных участках для выращивания древесины и другой растительной биомассы	+	+	+ ²	–	–
Сжигание	+	+	+	+ ²	–
Захоронение: на специально оборудованных площадках	+	+	+	++	++
на заброшенных карьерах	+	+	+ ³	+ ³	+ ³
на полигонах ТБО с последующей рекультивацией	+	+	+	++	++ ³
Использование при производстве керамзита	+	+	+	+	+
Получение белково-витаминных добавок и аминокислот	++	+	–	–	–
Пиролиз	+	+	+	+	+
Электролиз ТМ	–	–	–	+	+
Обработка специальными реагентами с последующей утилизацией	–	–	+	++	++
Вермикомпостирование	++	++	++	++	–

Примечания: + утилизация без каких-либо ограничений (после дегельминтизации); ++ наиболее целесообразные способы утилизации; – утилизация данным способом недопустима; ¹ – уровни загрязнения даны в соответствии с [4]; ² – утилизация предусматривает ограничение норм внесения и недопущение загрязнения поверхностных и грунтовых вод; ³ – необходимы меры, предотвращающие загрязнение подземных вод.

Бурное развитие промышленного и гражданского строительства в наше время стало причиной образования большого количества выработанных карьеров по добыче нерудных полезных ископаемых. Так, в настоящее время в Московской области насчитывается более 2000 заброшенных выработанных бесхозных карьеров и более 150 действующих, большинство из которых образовалось в результате разработки месторождений различных ископаемых – строительного песка, щебня, гравия, торфа и др.

Карьеры имеют глубину от 10 до 30 м при площадях отдельных выемок более 100 га. Кроме того, значительное количество карьеров и копаней разработано несанкционированно. Многие подобные объекты расположены в водоохраных зонах и на особо охраняемых природных территориях. Общая площадь земель, нарушенная карьерными разработками, превышает 38 000 га [5].

Частичный возврат территории в хозяйственное использование и приведение карьера в технически безопасное состояние достигается за счет проведения технического и биологического этапов рекультивации. На техническом этапе рекультивации экологические проблемы, возникающие после завершения разработки полезных ископаемых, разрешаются очень непросто или остаются неразрешенными. В мировой практике известны пострекультивационные направления освоения отработанных карьеров: сельско-, лесо- и водохозяйственное их использование, эксплуатация внутрикарьерных площадок для промышленного, гражданского и рекреационного строительства. Поскольку объем карьерных выработок велик, коммунальные и промышленные отходы выступают единственным потенциально значимым материальным ресурсом для их рекультивации.

Одним из примеров применения осадка сточных вод в качестве рекультиванта при восстановлении нарушенных территорий может послужить реализованный проект рекультивации Люблинских полей фильтрации станции аэрации МГУП (ОАО) «Мосводоканал». На месте захоронения предварительно «обезвоженных» осадков разбит парк.

Технология по использованию осадков сточных вод в качестве заполнителя тела полигона имела ряд недостатков. Ввиду того что осадки сточных вод не обладают достаточной плотностью и несущей способностью, передвижение по ним спецтехники было невозможным. С целью обеспечения равномерного распределения осадков сточных вод по площади депонирования потребовалось строительство специальных железобетонных эстакад, обеспечивающих движение автосамосвалов в зону действия подъемных кранов, оборудованных грейферными ковшами для разгрузки автосамосвалов и подачи осадков на рабочие кары.

С целью снижения затрат, связанных со строительством вспомогательных сооружений, и за счет упрощения технологии производства работ по заполнению выработанных пространств слабыми грунтами проведены исследования по изучению физико-механических свойств как «чистого» осадка сточных вод, так и в смесях с песком, суглинком в зависимости от степени уплотнения.

При проведении исследований, согласно ГОСТ 22733–2002 «Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности», были взяты пробы грунтов нарушенного сложения, естественной влажности и диаметром частиц менее 10 мм [7].

В таблице 3 приведены образцы приготавливаемых смесей для изучения физико-механических свойств.

Состав исследуемых образцов грунта

Таблица 3

№ образца	Состав	Влажность образца, %	№ образца	Состав	Влажность образца, %
1	ОСВ – 100 %	71,7	8	Суглинок – 100 %	14,7
2	Песок – 100 %	2,1	9	ОСВ – 90 % Суглинок – 10 %	56,5
3	ОСВ – 90 % Песок – 10 %	57,3	10	ОСВ – 70 % Суглинок – 30 %	48,9
4	ОСВ – 70 % Песок – 30 %	38,1	11	ОСВ – 50 % Суглинок – 50 %	32,8
5	ОСВ – 60 % Песок – 40 %	33,9	12	ОСВ – 40 % Суглинок – 60 %	26,5
6	ОСВ – 50 % Песок – 50 %	31,3	13	ОСВ – 30 % Суглинок – 70 %	21,7
7	ОСВ – 40 % Песок – 60 %	30,2			

В результате проведенных исследований были получены данные о плотности, несущей способности образцов грунтовых

смесей в зависимости от степени уплотнения, построены графические зависимости (рис. 2...4).

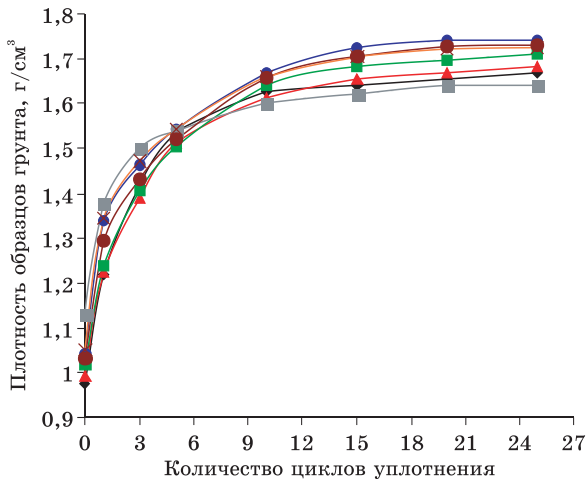


Рис. 2. Зависимость плотности грунтовых смесей «ОСВ – песок» от степени уплотнения: ♦ – ОСВ 100 %, песок 30 %; ■ – песок 100 %; × – ОСВ 40 %, песок 60 %; ▲ – ОСВ 90 %, песок 10%; ● – ОСВ 50 %, песок 50 %; ● – ОСВ 60 %, песок 40 %; ■ – ОСВ 70 %, песок 30 %

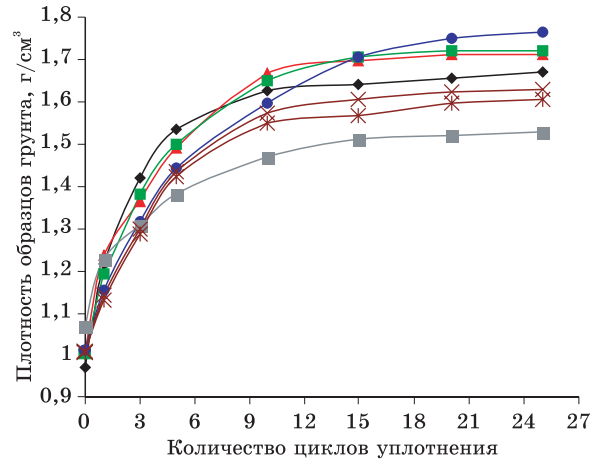


Рис. 4. Зависимость плотности грунтовых смесей «ОСВ – суглинок» от степени уплотнения: ♦ – ОСВ 100 %, суглинок 30 %; ■ – суглинок 100 %; × – ОСВ 30 %, суглинок 70 %; ▲ – ОСВ 90 %, суглинок 10%; ● – ОСВ 50 %, суглинок 50 %; × – ОСВ 40 %, суглинок 60 %; ■ – ОСВ 70 %, суглинок 30 %

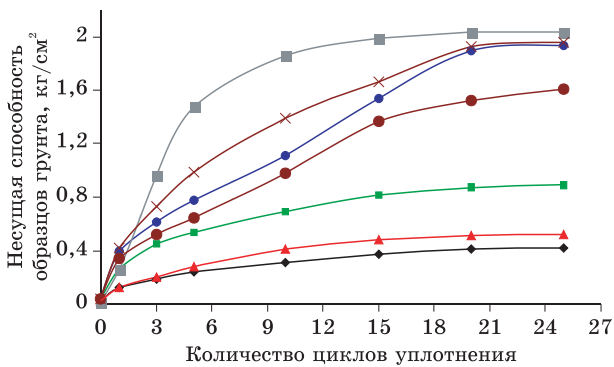


Рис. 3. Зависимость несущей способности грунтовых смесей «ОСВ – песок» от степени уплотнения: ♦ – ОСВ 100 %, песок 30 %; ■ – песок 100 %; × – ОСВ 40 %, песок 60 %; ▲ – ОСВ 90 %, песок 10%; ● – ОСВ 50 %, песок 50 %; ● – ОСВ 60 %, песок 40 %; ■ – ОСВ 70 %, песок 30 %

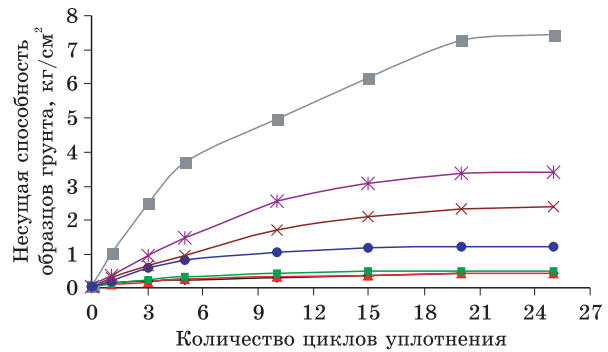


Рис. 5. Зависимость несущей способности грунтовых смесей «ОСВ – суглинок» от степени уплотнения: ♦ – ОСВ 100 %, суглинок 30 %; ■ – суглинок 100 %; × – ОСВ 30 %, суглинок 70 %; ▲ – ОСВ 90 %, суглинок 10%; ● – ОСВ 50 %, суглинок 50 %; × – ОСВ 40 %, суглинок 60 %; ■ – ОСВ 70 %, суглинок 30 %

Выводы

Анализ полученных результатов исследования показал, что первоначально отсыпанные испытуемые грунты и их смеси (неуплотненные) имеют примерно одинаковую низкую начальную несущую способность – 0,020... 0,025 кг/см².

По мере уплотнения несущая способность «чистых» грунтов начинает возрастать и достигает своих максимальных значений: ОСВ – 0,5 кг/см² при плотности 1,67 т/м³;

песок – 2,02 кг/см² при плотности 1,63 т/м³; суглинок – 7,5 кг/см² при плотности 1,67 т/м³.

При добавке песка в объеме 10 % к ОСВ наблюдается прирост несущей способности от 0,52 кг/см² при достижении плотности 1,68 т/м³ до 1,93 кг/см² при плотности 1,74 т/м³ в случае, когда концентрация песка в смеси достигает 50 %. Дальнейшее увеличение добавки песка к ОСВ на повышение несущей способности особого влияния не оказывает (рис. 2, 3).

Добавка суглинка в объеме до 50 % к ОСВ на существенный прирост несущей способности не влияет. При добавке суглинка в объеме 50 % к ОСВ наблюдается также прирост несущей способности от 1,2 кг/см² при достижении плотности 1,77 т/м³ до 3,5 кг/см² при плотности 1,62 т/м³ в случае, когда концентрация суглинка в смеси достигает 70 % по отношению к ОСВ (см. рис. 4, 5).

При выполнении технического этапа рекультивации нарушенных земель карьерными выработками с восстановлением их гипсометрических уровней механизированным способом полученные результаты исследований позволят правильно сориентироваться при обосновании выбора комплекта машин с позиции обеспечения их проходимости. Кроме того, само послойное уплотнение в дальнейшем позволит избежать дополнительных работ по ликвидации осадочных явлений.

Как показывает опыт строительной практики, при небольшом удельном давлении (до 0,3 кгс/см²) сохраняется пропорциональность удельного давления величине деформации залежи, т. е. закон Гука остается действительным.

1. Сметанин В. И. Защита окружа-

ющей среды от отходов производства и потребления. – М.: Колос, 2003. – 176 с.

2. Очистные сооружения: официальный сайт ОАО Мосводоканал / Канализация. – URL: <http://www.mosvodokanal.ru> (дата обращения 10.01.13).

3. Вишнякова О. Что делать с илами? // Природно-ресурсные ведомости. – 02/06/2003. – URL: <http://gazeta.proroda.ru> (дата обращения 05.01.13).

4. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами: справ пособие. – М: Минприроды, 1993.

5. Сметанин В. И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель. – М.: Колос, 2003. – 96 с.

Материал поступил в редакцию 10.01.13.

Сметанин Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Организация и технологии строительства объектов природообустройства»

Тел. 8 (499) 976-07-13

Земсков Владимир Николаевич, аспирант

Тел. 8-905-749-56-32

УДК 502/504:633.28:633.31/37:631.582

Н. П. МЕЛИХОВА, Е. В. ЗИНЧЕНКО

Государственное научное учреждение

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, Волгоград

РОЛЬ ОДНОЛЕТНИХ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В ПОВЫШЕНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ И ПЛОДОРОДИЯ ОРОШАЕМОЙ ПАШНИ

Рекомендованы смеси кормовых культур в основных и промежуточных посевах. Изучено влияние однолетних кормовых культур в орошаемых севооборотах на продуктивность севооборотной площади и плодородие почвы. Установлено, что возделывание кормовых смесей в основных и промежуточных посевах обеспечивает повышение продуктивности севооборотной пашни, стабилизацию плодородия почвы, экономное расходование поливной воды.

Кормовые культуры, севооборот, орошение.

There are recommended mixtures of fodder crops in main and intermediate sowings. The influence of one-year fodder crops in irrigated crop rotations on productivity of the soil area and soil fertility is studied. It is found that cultivation of fodder mixtures in main and intermediate sowings provide higher productivity of the arable crop rotation land, stabilization of the soil fertility, economical water consumption.

Fodder crops, crop rotation, irrigation.