

**ОЦЕНКА ВОДОПРИЕМНОЙ СПОСОБНОСТИ ДРЕНАЖНЫХ ТРУБ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ ЗАЩИТНЫХ
ФИЛЬТРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

А.И. Митрахович, кандидат технических наук

В. Т. Климков, доктор технических наук, профессор БНТУ

И.Ч. Казьмирук, научный сотрудник

В.В. Лебедев, инженер

РУП «Институт мелиорации»

Ключевые слова: водоприемная способность, дренаж, защитно-фильтрующие материалы, заилнение труб, модуль дренажного стока, шурф

Введение

Состояние мелиорированных земель определяется по существующему на них водному режиму. Признаками неудовлетворительного водного режима являются: переувлажнение верхнего слоя почвы, застой воды на поверхности (минеральные слабопроницаемые почвы), который обусловлен низким коэффициентом фильтрации пахотного и подпахотного горизонтов; высокое залегание уровней грунтовых вод (торфяноболотные почвы) в посевной и вегетационные периоды.

Водный режим почв зависит от эффективности работы мелиоративной системы, в том числе дренажа и интенсивности осушения земель. Одним из существенных показателей работы дренажа, являются его водоприемная и водоотводящая способности, которые обуславливают способность принимать избыточную воду из корнеобитаемого слоя почвы в полость дренажной трубы и своевременно отводить по дренажной сети. Основные характеристики и их показатели приведены в ТКП 45-3.04-177-2009 [1].

Водоприемная способность дренажа наиболее важный показатель его работоспособности. Она зависит от конструкции системы, вида и состояния присыпки дрен, обратной засыпки траншеи, защитно-фильтрующего материала (ЗФМ), а также количества выпавших осадков или величины слоя затопления, которая тесно связана с водопроницаемостью грунта и его водоотдачей. Конструкция дренажа определяется типом дренажных труб. Для пластмассовых гофрированных – количеством и размерами перфорационных отверстий и их размещением. Для керамических – размерами стыков для поступления воды, схемами укладки ЗФМ. Применение объемных фильтров увеличивает притока воды в дренаж. В процессе эксплуатации дренажа существенное влияние на водоприемную способность дрен оказывает заиливание и заохривание труб, кольматаж перфораци-

онных отверстий, ЗФМ, а также другие факторы.

Водоотводящая способность зависит от диаметра и вида труб, уклона дренажных линий, степени заиления, подпора от канала, местных сопротивлений потоку по длине коллектора. При отсутствии подпора от канала показателем нормальной водоотводящей способности коллектора является безнапорный характер его работы. Фонтанирование воды из труб по длине коллектора является показателем того, что диаметр коллектора и уклон не соответствует имеющемуся расходу или в коллекторе имеются местные сопротивления, которые следует выявить в процессе изысканий.

Теоретические основы исследований

Основным признаком низкой водоприемной способности дрен является наличие воды над дренами при безнапорном движении. Этот фактор наряду со степенью заиления труб необходимо учитывать при оценке мелиоративного состояния осушаемой площади и работоспособности дренажной системы в целом. Однако в настоящее время при проектировании объектов реконструкции мелиоративных систем на стадии изысканий он вообще не рассматривается.

При оценке водоприемной способности дрен необходимо устанавливаются следующие показатели:

- размеры и состояние стыков керамических труб, наличие их кольматажа железистыми соединениями;
- размеры и состояние перфорационных отверстий в пластмассовых трубах, соответствие их техническим условиям;
- состояние ЗФМ и схемы его укладки; особое внимание обращается на наличие круговой защиты стыков гончарных труб или всей поверхности пластмассовых;
- вид и состояние обсыпки дренажных труб, особенно в слабопроницаемых грунтах и торфе с высокой степенью разложения, которые при переувлажнении могут образовывать своеобразный противифльтрационный экран.

Эффективность работы обратной засыпки дрен устанавливается путем определения послойно ее коэффициента фильтрации в полевых условиях.

Водоприемная способность дрен может определяться в полевых, лабораторных условиях и по расчетным зависимостям, в которых многие авторы [2], [3] в большинстве случаев предлагают учитывать конкретные условия объекта, требующие точного определения входящих в них показателей (коэффициента фильтрации грунта и др.).

В общем случае приток воды к дрене может быть определен по теоретической зависимости [3]:

$$Q = \frac{2\pi kH}{\phi_0 + \phi_i}, \quad \phi_i = \psi_\phi + C_i, \quad (1)$$

где H – величина УГВ над дреной;

Φ_0 – безразмерные фильтрационные сопротивления идеальной дрены, определяемые граничными условиями фильтрации;

Φ_1 – безразмерные фильтрационные сопротивления, обусловленные несовершенством дренажа по характеру вскрытия пласта, которые в общем случае выражаются формулой [3]:

$$\Phi_1 = \alpha \Psi_{\Phi} + C_1 \left(1 - \alpha + \frac{k_{zp}}{k_{\Phi}} \alpha \right) \quad (2)$$

где k_{zp} – коэффициент фильтрации грунта, м/сут.;

k_{Φ} – коэффициент фильтрации фильтра м/сут.;

$$\Psi_{\Phi} = \left(\frac{k_{zp}}{k_{\Phi}} - 1 \right) \ln \frac{D + 2\delta}{D}$$

– приращение безразмерных фильтрационных со-

противлений, обусловленное наличием фильтра, δ – толщина фильтра, м, D – наружный диаметр дренажной трубы, м;

C_1 – безразмерные фильтрационные сопротивления, обусловленные несовершенством конструкций дренажных труб;

α – коэффициент, учитывающий способ укладки и размеры фильтра.

Водоприемная способность дрен является основой для определения расстояний между ними.

В наиболее типичном случае оно определяется по формуле [4]:

$$B = \sqrt{B_0^2 + (a(B_2 + 4f_0))} - a(B_2 + 4f_0) \quad (3)$$

где B – расстояние между дренами, м;

$$B_0 = 2h \sqrt{\frac{k_{zp}}{q} \left(1 + \frac{2a}{h} \right)}$$

$$B_2 = \frac{4}{\pi} \ln \frac{1}{\sin \frac{\pi d}{2a}}$$

a – расстояние от дрены до водоупора, м;

f_0 – безразмерное сопротивление по характеру вскрытия пласта;

k_{zp} – коэффициент фильтрации грунта, м/сут.;

q – интенсивность притока воды к дрене, м/сут.;

h – превышение уровней воды в междуреньях над дренами, м;

d – диаметр дрены, м;

$$f_0 = \frac{1}{\pi} \Phi_0 ;$$

$$\Phi_0 = 2,3 \left(\frac{k_{zp}}{k_\phi} - 1 \right) \lg \frac{d + 2\delta_\phi}{d} + \frac{k_{zp}}{k_\phi} C_1$$

$$C_1 = \frac{2S}{nl} \ln \frac{1}{\sin \frac{nl}{2S} \theta}$$

$$\theta = \arcsin \frac{\tau}{d}$$

где δ_ϕ – толщина фильтра, м;

S - шаг перфорационных отверстий (щелей) в ряду, м;

n - количество рядов перфорационных отверстий;

l - длина щелей, м;

τ – ширина щелей, м.

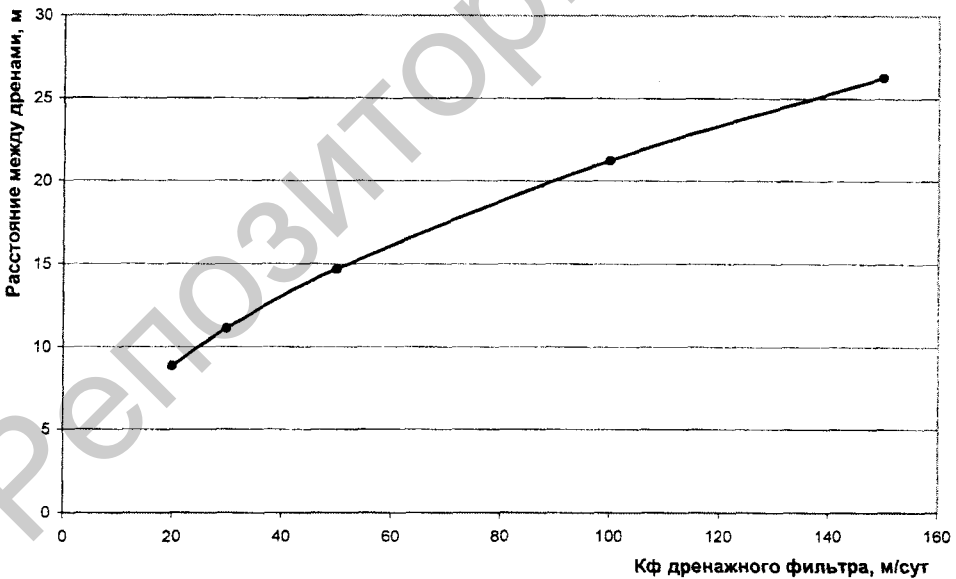


Рисунок 1 — Зависимость расстояний между дренами от коэффициента фильтрации дренажного фильтра

Одним из основных показателей при расчетах расстояний между дренами является коэффициент фильтрации ЗФМ. По теоретической зависимости (3) выполнен расчет

расстояний между дренами в песке мелкозернистом для наиболее типичных условий – при неизменных значениях: $k_{гр} = 1,0$ м/сут; $q = 0,6$ л/с/га; $n = 6$; $d = 0,05$ м; $S = 0,01$ м; $l = 0,004$ м; $a = 5,0$ м; $h = 0,5$ м; $\delta_{ф} = 0,001$ м; и переменной величине коэффициента фильтрации ЗФМ: $k_{ф} = 20, 30, 50, 100$ и 150 м/сут. По результатам расчета построен график зависимости расстояний между дренами от коэффициента фильтрации дренажного фильтра, который приведены на рис. 1. Установлено, что с увеличением значений коэффициента фильтрации ЗФМ, они существенно увеличиваются. Так, если при $k_{ф} = 20$ м/сут., расстояние между дренами составляет 8,5 м, то при $k_{ф} = 45$ м/сут. (согласно СТБ 1980-2009) оно увеличивается до 14 м, а при 140 м/сут. – 25 м.

Из этого следует, что на расстояние между дренами существенное влияние оказывает их водопримная способность. Она увеличивается с увеличением коэффициента фильтрации ЗФМ ($k_{ф}$).

Методика исследований

Определение водопримной способности дрен в полевых условиях непосредственно на дренажных системах более достоверно, так как при этом учитываются природные условия объекта. Методика проведения заключалась в определении водопримной способности дрен. Над дренажной трубой отрывали шурф на расстоянии 2,5+3 м от торца устьевого трубы. Дренажную трубу освобождали от грунта полностью на длину 40-50 см, над ней устанавливали гофрированную трубу диаметром 110 мм для замера напора. В шурф подавалась вода, объемом 40-60 литров. При этом измеренный напор составил 15-25 см над осью дренажной трубы. Отмечали время начала стока. Замеряли напор над дренажной трубой и расход объемным способом. Эксперимент продолжался до прекращения стока из дренажной трубы. После понижения уровня воды в шурфе до дна траншеи вырезали отрезок дренажной трубы для испытания его в лабораторных условиях. На его место укладывали отрезок новой трубы с фильтром и соединяли его муфтами с существующей дренажной трубой, шурф засыпали грунтом.

В лабораторных условиях водопримная способность дрен с различными марками ЗФМ определялась в грунтовой лотке на образцах труб, взятых с мелиоративной системы «Волма» в ОСП «Совхоз Минский» УП «ДОРОРС» и КСУП «Минская овощная фабрика».

Геологические разрезы по трассе этих дрен представлены торфом глубиной от 0,2 до 1,1 м и супесью сизой с прослойками песка мелкого, который залегает выборочно с глубины 1,2 м и поэтому практически все дренажные трубы уложены в супесчаный грунт. Засыпка дренажной траншеи была выполнена повсеместно подсушенным торфом.

Результаты полевых и лабораторных исследований

Водопримная способность дренажных труб с различными марками геотекстильных материалов, выраженная в м³/сут. с 1 м. п. труб, приведена на графике (рис. 2).

Как видно из графика величина водопримной способности имела устойчивую тен-

денцию увеличиваться с повышением напора. Лучшими гидравлическими свойствами обладают материалы, которые при наименьшем напоре имеют больший расход. Из рисунка 2 следует, что лучшими гидравлическими свойствами обладает импортный геотекстиль. При значениях $0,6+4 \text{ м}^3/\text{сут.}$ с 1 м.п. дрена способна обеспечить осушение площади с расчетным модулем стока $0,6 \text{ л/с}\cdot\text{га.}$

Величина водоприемной способности дрен, а, следовательно, и эффективность их осушительного действия, особенно в слабопроницаемых грунтах, может быть повышена путем устройства в дренажной траншее вертикально расположенного пристенного фильтра (см. рисунок 3), который устраивается из геотекстильного материала [5]. Такая конструк-

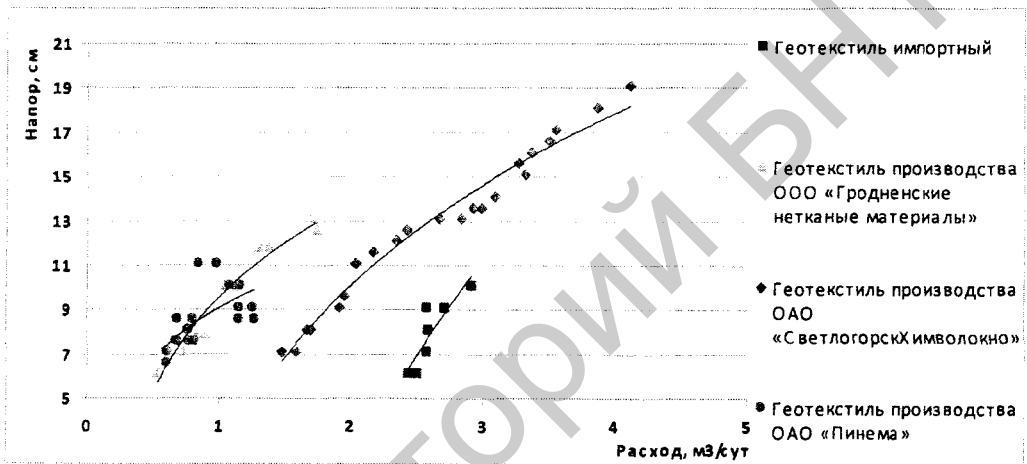


Рисунок 2 – Водоприемная способность дренажных труб на опытно-производственном участке объекта «Волма» в полевых условиях

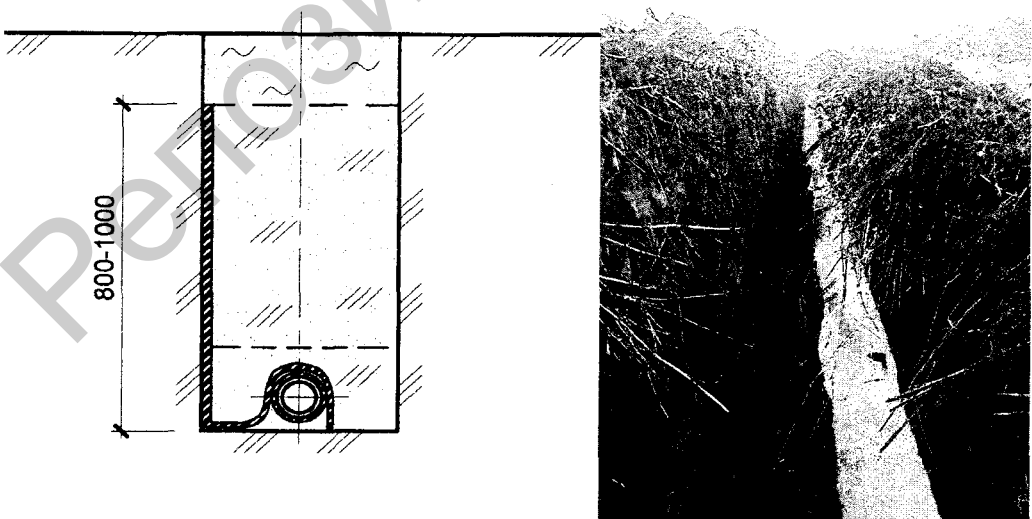


Рисунок 3 – Пристенный фильтра в дренажной траншее: а) схема устройства; б) дрена №23, объект «Волма»

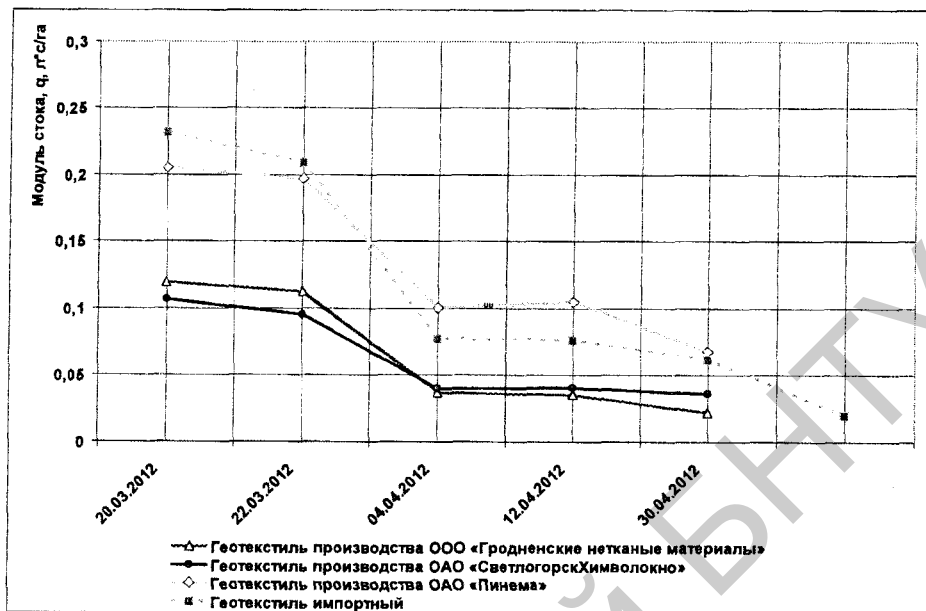


Рисунок 4 – Динамика модулей дренажного стока на опытно-производственном участке объекта «Волма».

ЦИЯ

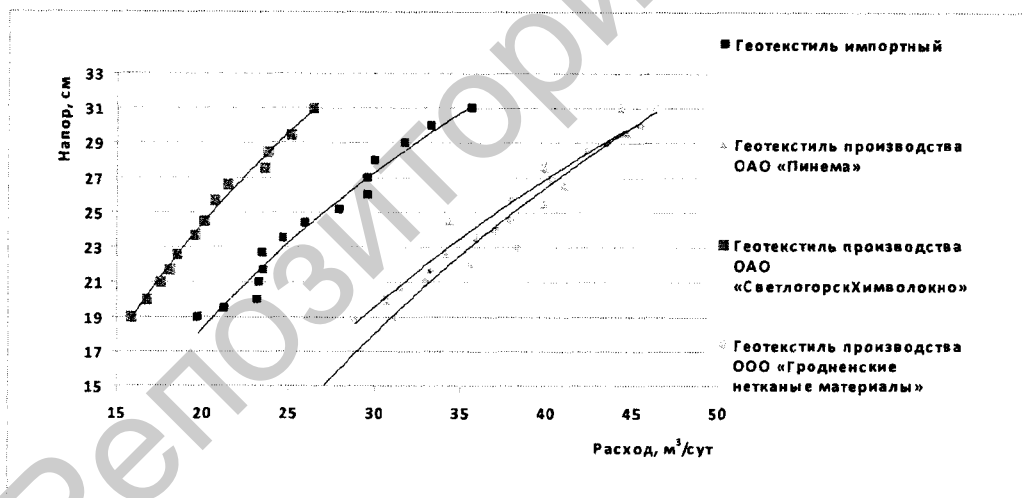


Рисунок 5 — способность дренажных труб с опытно-производственного участка объекта «Волма», определенная в лабораторных условиях.

дренажа была апробирована на опытно-производственном участке «Волма». Пристенный фильтр устраивался из геотекстильного материала ООО «Гродненские нетканые материалы» (дрена 33) и геотекстильного материала ОАО «Пинема» (дрена 23). Полотно крепилось к стенке траншеи деревянными спилками. Эффективность данной конструкции устанавливалась путем сравнения значений модулей стока из дрены без пристенного фильтра с таким же ЗФМ. Модуль стока из дрены 33 с пристенным фильтром составлял 0,05 л/с-га,

сток из дрены 1 без пристенного фильтра больший период времени наблюдений отсутствовал. Дрены находились в одинаковых гидрогеологических условиях.

Водоприемная способность дрен является определяющим фактором формирования модуля дренажного стока. На опытно-производственном участке дренажа «Волма» проводились систематические наблюдения за формированием водного режима, дренажным стоком, уровнями грунтовых вод и др. По результатам наблюдений определены значения модулей дренажного стока (см. рис. 4).

Установлено, что за период наблюдений с марта по ноябрь 2012 г. величина модулей стока колебалась в диапазоне 0,3-0,02 л/с·га. Наибольший сток отмечался в весенний период, а также после ливневых дождей. Наибольший модуль дренажного стока наблюдался на дренах с термообработанным геотекстилем ОАО «Пинема», а также на дренах с импортным геотекстилем. Полученные значения модулей стока намного ниже расчетных 0,6 л/с·га, применяемых проектными организациями. На основании полученных данных можно сделать вывод о целесообразности изменения величины расчетного модуля дренажного стока в сторону его уменьшения на торфяных почвогрунтах.

В лабораторных условиях проведены испытания образцов труб, взятыми на опытно-производственном участке объекта «Волма» с различными защитно-фильтрующими материалами. Они проводились в грунтовом лотке, заполненном среднезернистым песком с целью определения влияния срока эксплуатации дренажа на его характеристики. Данные опытов приведены на графике (рис. 5).

Анализ результатов лабораторных испытаний водоприемной способности труб с различными ЗФМ, бывших в эксплуатации 1 год показал, что их значения колеблются в пределах 15-45 м³/сут на 1 м п трубы. Наилучшими гидравлическими характеристиками обладают трубы с ЗФМ ООО «Гродненские нетканые материалы» и ОАО «Пинема». Существенного отличия значений водоприемной способности труб от новых не имеется, т.е. ЗФМ практически не закольматировались.

Выводы

1) Расстояния между дренами, вычисленные по расчетным формулам, зависят от коэффициента фильтрации ЗФМ.

2) По данным полевых исследований на опытно-производственной системе дренажа «Волма» установлено, что на водоприемную способность дрен оказывают влияние применяемые ЗФМ, а также почвенно-грунтовые, гидрогеологические и погодные условия.

3) Существенного отличия значений водоприемной способности дренажных труб от новых не имеется, т.е. ЗФМ бывшие в эксплуатации 1 год практически не закольматировались.

4) На стадии изысканий при определении технического состояния дренажа рекомендуется делать оценку его водоприемной способности как одного из основных показателей работоспособности системы.

Литература

1. ТКП 45-3.04-177-2009 Реконструкция осушительных систем.
2. К.О. Куль «Оценка водоприемной способности дрен»/ К.О. Куль// Мелиорация и водное хозяйство – Москва. - 1990 г. - №11. – 42 с.
3. А.И. Мурашко. «Сельскохозяйственный дренаж в гумидной зоне»/ А.И. Мурашко. – Москва: Колос,- 1982 г. - С. 100.
4. Установление расстояний между дренами. Дополнение 1 к Руководству ВТР-П-8-81. Утв. Минводхозом СССР 30.06.81.№ 288. – Мн.: Ураджай, 1981, - 91с.
5. Патент ВУ 15513, Е 02 В 11/00. Дренажное устройство / А.И. Митрахович, В.Т. Климков, И.Ч. Казмирук – 3 с.

Summary

Mitrakhovich A., Klimkov V., Kazmiruk I., Lebedev V.

DRAINAGE PIPES WATER RECEIVING CAPACITY ESTIMATION ON APPLICATION OF MODERN PROTECTIVE FILTERING MATERIALS

Theoretical estimation of distances between drains, the research results on pilot-production field and in laboratory conditions of drainage pipes water receiving capacity with different geotextiles safety filtering materials are given. Method of water receiving capacity identification is tested in field conditions. It is discovered that water receiving capacity depends on hydrogeological conditions of drainage laying, working hydraulic drop over drain and it increases with hydraulic drop's rise. Drainage pipes with various safety filtering materials over a year in use were tested. Their water receiving capacity doesn't differ considerably from one of new pipes so safety filtering materials are almost not muded. It is recommended to detect water receiving capacity of drains while testing drainage functionality for unsatisfactory water regime on land reclamation facility.

Поступила 3 апреля 2013 г.