



АНАЛИЗ ЭКОСИСТЕМНЫХ ФУНКЦИЙ ПОЧВ И ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ НА ТЕРРИТОРИИ ОБЪЕКТА РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ

Е.И. Ковалева, А.С. Яковлев, М.А. Нарышкина

**МГУ имени М.В. Ломоносова, АНО «Экотерра»,
Российский университет дружбы народов**

Исследован объект размещения твердых бытовых отходов Московской области и прилегающая к нему территория. Изучена миграция загрязняющих веществ, поступающих с фильтрационными водами от данного объекта, которые обнаруживаются в почвах, воде и донных отложениях водотока прилегающей территории. На отдельном примере показано, что почвы выполняют важные средообразующие (регулирующие) функции — функции защитного и буферного биогеоценотического экрана, регулирующего качественный состав воды. Впервые рассмотрен важный для рационального природопользования вопрос — оценка экосистемных функций и экосистемных услуг природных систем. Предлагается ввести понятие производственных услуг, получаемых от использования земельных участков, имеющих производственную привлекательность, в результате которых человек получает блага. Полученная информация об объекте и экологическом состоянии почв, вод и донных отложений водотока на прилегающей территории может служить составляющей частью при составлении карт экосистем и экосистемных услуг Московской области. Результаты оценки экосистемных функций и услуг могут использоваться для разработки алгоритма действий по рациональному использованию природных ресурсов.

Ключевые слова: функции почв, экосистемные функции, экосистемные услуги, почвы, объекты размещения отходов, загрязняющие вещества, оценка

Analysis of Ecosystem Functions of Soils and Ecosystem Services at the Territory of the Waste Disposal Object

E.I. Kovaleva, A.S. Yakovlev, M.A. Naryshkina

**Lomonosov Moscow State University, Autonomous Noncommercial Organization “Ekoterra”,
Peoples’ Friendship University of Russia**

The solid waste disposal object of Moscow oblast and adjoining territory are investigated. Migration of pollutants entering with filtration waters from this object; which are detected in soils, waters, and bottom sediments of the watercourse of the adjoining territory; is investigated. It is shown by a separate example that the soils fulfill important habitat-forming (regulating) functions — functions of protective and buffer holocoenotic screen regulating the qualitative water composition. The question important of rational nature management is considered for the first time — the evaluation of ecosystem functions and ecosystem services of natural systems. It is proposed to introduce the notion of production services acquired from the use of ground areas having the production attractiveness, which is resulted in amenities acquired by human. The found information on the object and ecological state of soils, waters, and bottom sediment of the watercourse on the adjoining territory can serve the component when making up the maps of ecosystems and ecosystem services of the Moscow oblast. The results of evaluation of ecosystem functions and services can be used for the development of the algorithm of actions on the rational use of natural resources.

Keywords: function of soils, ecosystem functions, ecosystem service, soils, waste disposal objects, pollutants, evaluation

В современных условиях вопросы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды приобретают актуальное значение. Последние несколько десятилетий характеризовались увеличением потребностей человечества в пище, пресной воде, полезных ископаемых, что масштабно отразилось на состоянии экосистем и привело к их деградации; при этом большинство изменений носит необратимый характер или находится на этом рубеже. Перечень антропогенных факторов и проявление их негативного воздействия на экосистемы разнообразны. Высокая природоем-

кость, важная экономическая роль биоресурсов, преобладающие потребительские отношения к живой природе являются основными чертами современного природопользования. Угроза глобального экологического кризиса определила необходимость формирования стратегии оптимальных взаимоотношений человека и природы [3]. В работе [3] сформулированы основные функции биосистем, которые являются жизненно важными для человечества: средообразующие, продукционные, информационные, духовно-эстетические.

Биосфера выполняет роль регулятора и удерживает пара-

метры окружающей среды в узком диапазоне значений, в котором может существовать человек [3]. Согласно Национальной стратегии, 2001, средообразующая функция заключается в поддержании биосферных процессов на Земле и формировании благоприятных для жизни человека условий (включая чистый воздух, чистую воду, климат и плодородие почв). Эта функция является ключевой для жизни человека. В международных документах средообразующие функции определены как регулирующие.

В условиях принципов современной экономики и природопользования средообра-

зующие (регулирующие) функции живой природы начинают превращаться в товар — экосистемные услуги. Экосистемный подход представляет собой в широком понимании стратегию комплексного управления земельными, водными и живыми ресурсами.

Одним из основных компонентов природной среды выступает почва, экологическую роль которой нельзя переоценить. Через почвенный покров земли идут многочисленные экологические связи всех живущих на земле организмов (в том числе и человека) с литосферой, гидросферой и атмосферой. Почва является открытой динамической системой, ее особенностью является незамкнутость потоков веществ, их трансформация и аккумуляция в ней [2].

Учение об экологических функциях почвы, разработанное Г.В. Добровольским, Е.Д. Никитиным (1990) [1], устанавливает многообразие форм ее участия в функционировании и изменении экосистем и биосферы в целом. Анализ функций почв в экосистемах и биосфере показывает, что почва выступает главным связующим звеном функционирования биосферы, имея с компонентами природной среды как прямые, так и обратные связи.

Разнообразие почвенных ресурсов по своим свойствам, характеристикам определяет их экосистемные функции. Экосистемные функции — это функции, которые могут быть полезны для человека и являются экосистемными услугами — провайдерами пользы человеку [5].

Экосистемные функции почв определяются совокупностью ее свойств и почвообразовательных процессов, в связи с чем почва становится связующим звеном между природными средами, например гидросферой. К важным функциям относятся средообразующие функции почв, такие, например, как трансформация почвой веществ, защитная

функция почв в виде барьера на пути миграции загрязняющих веществ в водные объекты.

Целью настоящей работы является оценка почв и сопряженных с ней водных сред на территории, прилегающей к объекту размещения твердых бытовых отходов (ОРО), и анализ экосистемных функций и услуг, получаемых человеком от функционирования природных систем.

Объекты и методы исследований. Для анализа экосистемных функций и услуг почв изучался земельный участок, нарушенный созданием ОРО в Московской области, и прилегающая к нему территория. Исходным участком для размещения полигона ТБО послужила заболоченная местность, откуда берет начало водоток. Пойма в верховье водотока слабо развита, значительные пространства вдоль водотока заболочены. На территории, прилегающей к ОРО, получили развитие дерново-подзолисто-глебовые и болотные иловатоглеевые почвы.

Источником поступления загрязняющих веществ в окружающую среду является фильтрат, выделяющийся из тела ОРО. Фильтрат представляет собой насыщенный многокомпонентный водный раствор, химический состав которого по результатам анализа неоднороден в разные годы и периоды. По данным многолетнего мониторинга основными загрязняющими веществами, постоянно присутствующими в составе фильтрата, являются: хром, марганец, медь, свинец, аммоний, хлориды, нитраты, фосфаты, сульфаты.

Для изучения миграции загрязняющих веществ из фильтрата, выделяющегося из тела ОРО, и оценки его воздействия на компоненты природной среды были заложены контрольные площадки в направлении общего уклона местности по градиенту удаления от источника воздействия (ОРО).

Для оценки изменений, происходящих в состоянии природных сред под воздействием антропогенной нагрузки, исследованы пробы почв, донных отложений и природной воды водотока, отобранных на фоновой территории, не подверженной антропогенному воздействию. Результаты химического анализа проб почв, донных отложений и природной воды водотока, приуроченного к фоновой территории, показали, что содержание загрязняющих веществ, характерных для состава фильтрата, в них не превышает установленных значений предельно-допустимых концентраций (ПДК) для этих веществ. Полученные результаты использовались в качестве фоновых значений при интерпретации данных.

Валовые формы тяжелых металлов в почве определялись рентгеноспектральным методом; нитраты, нитриты, хлориды, сульфаты, сульфиды, фосфаты в почвах (водорастворимые формы) и воде — ионной хроматографией; металлы в воде — спектрометрией с индуктивно-связанной плазмой.

Обсуждение результатов.

Одним из видов предоставления экосистемных услуг является использование земельных участков под создание различных объектов, в том числе ОРО.

Создание ОРО приводит к отчуждению земельного участка, использованию его не по целевому назначению, что влечет уничтожение почв и растительного покрова, а также может привести к нарушению экологического состояния и экологических функций почв прилегающих территорий. При этом земельный участок, занятый ОРО, используется для захоронения отходов IV — V класса опасности, поступающих от физических и юридических лиц. Встраивание отходов в окружающую среду сопровождается получением выгоды для человека, следовательно, предоставляется некая экоси-

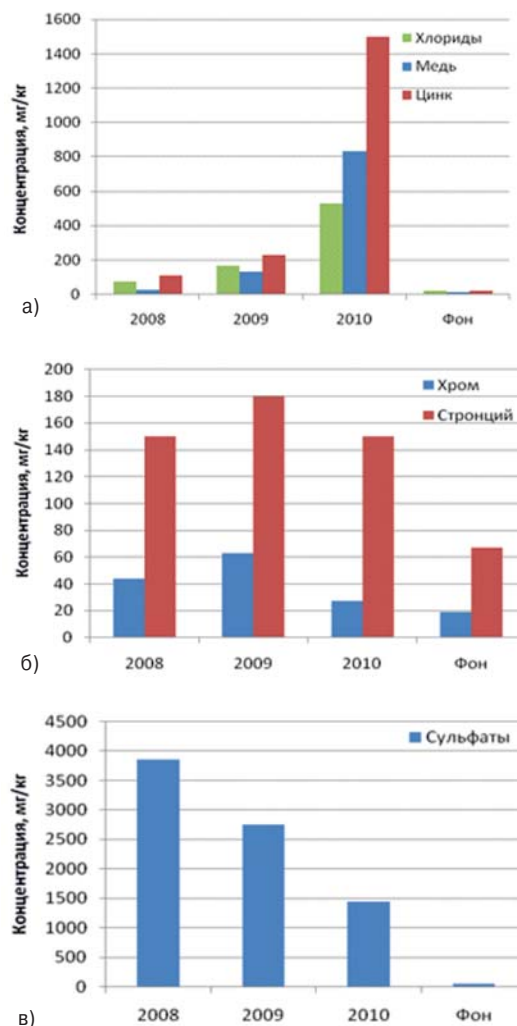


Рис. 1. Содержание загрязняющих веществ в болотных иловато-глеевых почвах по отдельным годам:

а — хлоридов, меди и цинка; б — хрома и стронция; в — сульфатов

стемная услуга, которой требуется определить место в развивающихся в настоящее время услугах наземных экосистем России. По аналогии с установленными экологическими функциями почв [4] предлагается выделять производственные экосистемные услуги.

Согласно Федеральному Закону от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления", объекты размещения отходов — специально оборудованные сооружения, предназначенные для размещения отходов (полигон, шламохранилище, в том числе шламовый амбар, хвостохранилище, отвал горных пород и другое) и включающие в себя объекты хранения отходов и объекты захоронения отходов. Это подразумевает, что их обустройство должно обеспечивать отсутствие вредного воздействия размещаемых отходов на окружающую среду. К сожалению, долгое время к захоронению отходов не были установлены общие требования. Исторически сложилось так, что нетоксичные отходы складировались на ровной поверхности, в местах выработанных карьеров, заболоченных понижениях рельефа, в поймах рек и озер и т.д. без специальных (геологических, гидрологических и иных) исследова-

ний и без наличия разрешительной документации. Такие объекты являются источниками негативного воздействия на компоненты природной среды, в том числе почвенный покров и водные объекты. Эксплуатация ОРО изменяет функционирование экосистем на прилегающих территориях и может негативно воздействовать в различных аспектах.

Одним из аспектов негативного воздействия на почву, воды и донные отложения может выступать фильтрат, выделяющийся из тела ОРО. Данные, полученные в период с 2006 по 2011 гг., показывают, что состав фильтрата зависит от вида поступающих отходов и неоднороден по годам. Содержание загрязняющих веществ в составе фильтрата не имеет направленности в изменении концентрации загрязняющих веществ во времени, отмечается значительное варьирование в уровне их содержания. Вероятно, в большей степени состав захораниваемых отходов определяет спектр загрязняющих веществ, поступающих в фильтрат, содержание которых в разные годы представлено в таблице.

Обследование территории, прилегающей к ОРО, выявило заболачивание территории, что приводит к изменению функционирования природных сред, в первую очередь функционирования почв и, возможно, к смене основного почвообразовательного процесса.

Болотные иловато-глеевые почвы, приуроченные к наиболее пониженным частям рельефа, характеризуются накоплением всех загрязняющих веществ во времени, уровень которых превышает как фоновые значения, так и установленные значения ПДК. Так, концентрации загрязняющих веществ превышают фоновые значения до 83 раз. Содержание ряда загрязняющих веществ за отдельные годы представлено на рис. 1.

Полученные результаты свидетельствуют о поступле-

Показатель	Содержание загрязняющих веществ, мг/л, по годам			ПДК, мг/л	Фоновое содержание, мг/л
	2008	2009	2010		
pH	7,9	3,1	7,5	Не нормируется	7,625
Медь	0,08000	0,01000	0,00003	1,0	0,00086
Свинец	0,06500	0,02600	0,01640	0,03	0,00004
Кадмий	0,0008	<0,0001	0,0016	0,001	0,0002
Хром	1,2000	0,0050	<0,0005	0,5	0,0013
Никель	0,0800	0,0110	<0,0003	0,1	0,0008
Мышьяк	0,007	<0,001	0,006	0,05	0,001
Цинк	1,400	0,050	0,020	1,0	0,003
Марганец	1,400	0,511	0,336	0,1	0,006
Стронций	1,200	0,210	0,300	7,0	0,169
Хлориды	889,14	966,00	146,50	350	4,44
Сульфаты	91,8	<0,1	1,0	500	16,3
Фосфаты	4,19	0,10	7,80	3,5	<0,01
Нитраты	22,11	0,10	2,50	45	9,14
Аммоний	287,00	70,50	23,25	1,5	0,07
Сульфиды	0,120	<0,001	0,394	0,003	<0,001

нии загрязняющих веществ, характерных для фильтрата, в торфяной горизонт и их аккумуляцию. Торфяной горизонт болотных иловато-глеевых почв можно рассматривать как комплексный геохимический барьер, препятствующий миграции загрязняющих веществ в сопредельные среды. С другой стороны, непостоянный характер накопления веществ по годам, вероятно, может свидетельствовать о переходе аккумулярованных веществ в подвижные формы при высоком уровне накопления веществ и (или) формировании условий, переводящих отдельные загрязняющие вещества в подвижное состояние, и, как следствие, загрязненная почва может быть источником загрязнения вод.

Загрязнение дерново-подзолисто-глеевых почв вдоль водотока носит ненаправленный характер (марганец, медь, никель, ионы аммония, хлориды, сульфаты) и варьирует по годам, что связано с особенностями их функционирования и достаточно высокой степенью проточности системы. Это приводит к выносу водорастворимых форм загрязняющих веществ в водный объект.

Химический состав и свойства почв вдоль водотока, воды и донных отложений водотока изучались по отдельным годам (2006 — 2012 гг.) на расстоянии до 950 м от ОРО. Результаты исследования показали, что поверхностные воды и донные отложения водотока испытывают воздействие от полигона и загрязнены веществами, ха-

рактерными для состава фильтрата. Спектр веществ, загрязняющих донные отложения и водную фазу водотока, характеризуется широким набором значений концентраций, которые значительно превышают фоновые значения. Четкой направленности в изменении концентраций загрязняющих веществ в воде водотока по годам нет (рис. 2).

Качество воды водотока в большой степени отражает «сиюминутные» процессы непосредственного влияния внешних факторов. Донные отложения водотока являются одним из наиболее информативных объектов исследования и индикатором экологического состояния водного объекта. По набору загрязняющих веществ, содержащихся в донных отложениях, можно судить о характере более раннего загрязнения водной фазы водного объекта — «историю» протекания процессов и реакцию системы на внешние явления. Данные химического анализа проб донных отложений, отобранных на контрольных площадках на расстоянии 300 м от ОРО, показывают накопление меди до 180 мг/кг (2 — 5 раза выше фоновое содержание — 10 мг/кг), хрома до 81 г/кг (1,5 — 4 раза выше фоновое содержание — 19 мг/кг), никеля до 40 мг/кг (2 — 4 раза выше фоновое содержание — 8 мг/кг), цинк до 170 мг/кг (в 3 — 9 раз выше фоновое содержание — 18 мг/кг), хлоридов — до 2000 мг/кг (8 — 650 раз выше фоновое содержание — 20 мг/кг), сульфатов — до

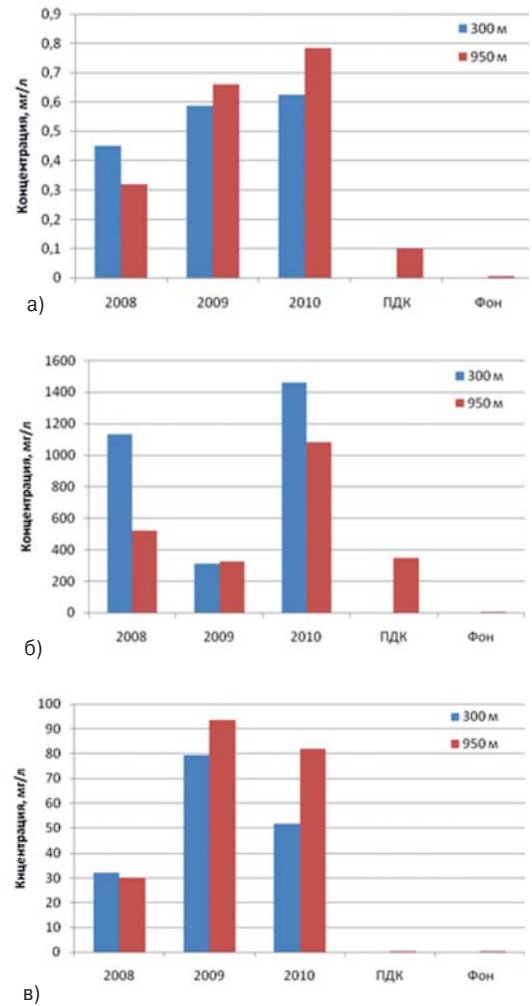


Рис. 2. Содержание марганца (а), хлоридов (б) и аммония (в) в воде водотока на разном расстоянии от ОРО по отдельным годам

1050 мг/кг (2 — 195 раз выше фоновое содержание — 55 мг/кг). В качестве примера распределение содержания цинка и хлоридов в донных отложениях водотока по годам приведено на рис. 3.

Непостоянный уровень содержания ряда загрязняющих

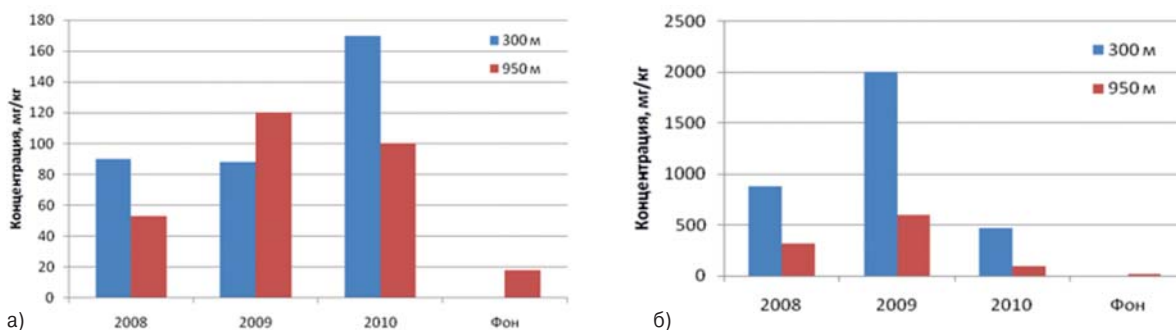


Рис. 3. Содержание цинка (а) и хлоридов (б) в донных отложениях водотока по отдельным годам

веществ в донных отложениях на отдельных площадках по годам может свидетельствовать о переходе их в подвижные формы в результате изменения условий (изменения реакции среды и окислительно-восстановительных условий) и переходе в воду водного объекта, т.е. донные отложения могут выступать как вторичный источник загрязнения водного объекта.

Таким образом, наблюдается распространение загрязняющих веществ, поступающих с фильтратом, выделяющимся из тела ОРО, на расстояние не менее 950 м.

Исследования территории, прилегающей к ОРО, показывают, что эксплуатация ОРО оказывает воздействие на почвенный покров, воду и донные отложения водотока. При этом болотные иловато-глеевые почвы, торфяной горизонт которых обладает высокой сорбционной способностью, выступают защитным барьером, аккумулирующим загрязняющие вещества, поступающие с фильтратом от ОРО. Почва выступает тем компонентом, который очищает загрязненную воду, регулирует качество воды водного объекта, т.е. является связующим звеном функционирования биосферы. Выступая регулятором качества воды, почва выполняет важную средообразующую функцию, оказывающую влияние на экосистемные услуги. Например, функция аккумуляции загрязняющих веществ почвой, обусловленная ее свойствами, влияет на экосистемную услугу обеспечения населения чистой водой.

Предоставленные экосистемные услуги — размещение и эксплуатация ОРО — поддерживаются экосистемными функциями как производственными, так и средообразующими. Эксплуатация ОРО сопровождается негативным воздействием на компоненты природной среды, изменением средообразующих функций, которые должны регулировать-

ся человеком путем соблюдения природного равновесия, т.е. сохранения естественного биоразнообразия и физико-химического состояния природных систем и ненарушенности природных сред сопредельных территорий. Рассмотренные экосистемные услуги носят локальный масштаб и должны поддерживаться организацией, эксплуатирующей ОРО.

Следовательно, размещение ОРО и его эксплуатацию можно рассматривать как экосистемные услуги, в результате которых человек получает пользу. Поскольку имеются потребители экосистемных услуг, получающие выгоду, должны разрабатываться экономические механизмы компенсации экосистемных услуг.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- установлена миграция загрязняющих веществ, поступающих от ОРО, которые обнаруживаются в почвах, воде и донных отложениях водотока, что приводит к изменению их состояния;
- на отдельном примере ОРО показано, что почвы выполняют важные средообразующие (регулирующие) функции — функции защитного и буферного биогеоценотического экрана, регулирующего качественный состав гидросферы;
- ввиду широкого разнопланового использования земель, имеющих производственную привлекательность, от которого человек получает блага, предложено ввести понятие производственных экосистемных услуг;
- полученная информация об ОРО и экологическом состоянии почв, вод и донных отложений водотока на прилегающей территории может служить частью карт экосистем и экосистемных услуг Московской области;
- результаты оценки экосистемных функций и услуг могут использоваться для разработки алгоритма действий по рациональному использованию природных ресурсов, при комплексных оценках экосистем и практическому внедрению их результатов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 38-14-00023

Литература

1. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М.: Наука, 1990. 261 с.
2. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006. 364 с.
3. Национальная Стратегия сохранения биоразнообразия России, 2001.
4. Оценка и экологический контроль состояния окружающей природной среды региона (на примере Тульской области). М.: Изд-во Московского университета, 2001. 256 с.
5. Экосистемные услуги наземных экосистем России: первые шаги. Quo Report. М.: Центр охраны дикой природы. 2013. 45 с.

Ковалева Е.И. — канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник, МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991 Россия, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, зам. начальника отдела АНО «Экотерра», e-mail: katekov@mail.ru • Яковлев А.С. — д-р биол. наук, зав. кафедрой, e-mail: yakovlev_a_s@mail.ru • Нарышкина М.А. — магистр, Российский университет дружбы народов, 117198 Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, e-mail: masheria@mail.ru

Kovaleva E.I. — Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Lomonosov Moscow State University, 119991 Russia, Moscow, Leninskie gory 1; Deputy Chief, Autonomous Noncommercial Organization «Ekoterra», e-mail: katekov@mail.ru • Yakovlev A.S. — Dr. Sci. (Biol.), Head of Department, e-mail: yakovlev_a_s@mail.ru • Naryshkina M.A. — Master, Peoples' Friendship University of Russia, 117198 Russia, Moscow, ul. Miklukho-Maklaya 6, e-mail: masheria@mail.ru