

УДК 631.879.42:631.45

UDC 631.879.42: 631.45

**СЛОЖНЫЙ КОМПСТ И ДЕТОКСИКАЦИЯ АГРОЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ****COMPLEX COMPOST AND DETOXICATION OF AGROLANDSCAPE SYSTEMS**

Белюченко Иван Степанович  
д.б.н., профессор  
ФГБОУ «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар, Россия

Belyuchenko Ivan Stepanovich  
Dr.Sci.Biol., professor  
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Токсичность сложных компостов возникает в процессе составления органоминеральных смесей из различных отходов быта, сельского хозяйства и минеральных производств в процессе начального их смешивания и до формирования сложных комплексных образований. Одним из факторов детоксикации сложного компоста является способность катионов тяжелых металлов к образованию нерастворимых соединений, отсорбированных глинистыми веществами и различными дисперсными системами, заметно различающимися содержанием кальция, гумуса и кислотностью почвеннопоглощающего комплекса

Toxicity complex compost arises during compiling of organomineral mixtures of various waste of life, agriculture and mineral industries. One of detoxification factors of complex compost is the ability of heavy metal cations to the formation insoluble compounds, which are fixed by clay materials and different disperse systems, and differ markedly by calcium content, acidity and humus soil-absorbing complex

Ключевые слова: ДЕТОКСИКАЦИЯ ПОЧВЫ, ХИМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО, ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЕ СМЕСИ, ЗАГРЯЗНЕННЫЕ ПОЧВЫ, НЕФТЯНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ, СТОКИ СВИНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Keywords: SOIL DETOXICATION, CHEMICAL PRODUCTION, ORGANIC-MINERAL MIXTURES, SOIL POLLUTION, OIL POLLUTION, RUNOFF OF PIG-BREEDING COMPLEX

**1. Общие вопросы детоксикации ландшафтов.** Основой детоксикации ландшафтов, в частности почв, на наш взгляд, являются сложные компосты в виде органоминеральных смесей (органические составляющие отходы сельского хозяйства и быта); минеральные – химического производства, зола и сырье природного происхождения). Важными факторами детоксикации сложных компостов является способность катионов тяжелых металлов формировать нерастворимые соединения при специфической адсорбции глинистых веществ, а также особенности комплексообразования различных дисперсных систем отдельных субстратов (в первую очередь черноземов) с учетом содержания гумуса, кальция и pH почвенного раствора [2, 8, 34, 36, 40]. Например, вымывание Zn, Cd, Ni, Pb, Mn, Co, Cu в сложных компостах при концентрации 0,005 мг-экв/100 г создает слабый раствор серной кислоты, указывающий на большую роль ТМ в вертикальной миграции тяжелых металлов. Основные исследования по этому вопросу проведены нами в физико-географических условиях Ленинградского района (степная зона края) с использованием фосфогипса при рекультивации чернозема обыкновенного при выращивании кукурузы и других культур [5, 10, 41, 58].

Важным фактором на путях перемещения тяжелых металлов выступают растения, их корневые системы сдерживают большое количество ионов, связанных совокупным взаимодействием морфофизиологических структур и химических реакций неспецифического характера (обменная емкость корней, концентрация токсикантов в вакуолях клеток, химическая инактивация отдельных комплексных соединений и т.д.) [70, 32]. Накопление тяжелых металлов при их внесении в почву вызывает определенные изменения в растениях, связанные с возникновением в них защитных механизмов и усилением в их клетках антагонизма ионов. Например, повышение в верхнем слое почвы ПДК Zn, Co, Cd, Cu, Pb, Ni и Mn не приводит к понижению урожая сахарной свек-

лы, но способствует повышению в её корнеплодах содержания фосфора и калия, которые затем могут активизировать свои антагонистические свойства. Внесение сложного компоста существенно меняет активность практически всех ТМ в сторону снижения их эффективности.

Типы и состав загрязнителей в почве на фоне внесения сложного компоста играет весьма важную роль в устойчивости растений к тяжелым металлам, взаимодействие которых может выражаться в синергизме или в антагонизме [46]. Взаимодействие между тяжелыми металлами определяется совместным функционированием Cd с Pb и Ni, Co и Cu и т.д. и может быть несвойственным в норме организму, а возникающим из-за разрушения физиологического барьера у отдельных организмов или органов в результате стрессов при варианте усиленного совместного действия элементов (синергизм) или антагонизма, что зависит от составляющих систему почва – сложный компост – растение.

Загрязнение растений и снижение объема и качества их продукции вызывается нарушением баланса в системе почва – растение [16]. Корректирующим фактором установления равновесия в системе в целом и буферности конкретно в почвах служит внесение сложного компоста за счет его химических свойств: доля органических веществ и глинистых комплексов, ионообменные, окислительно-восстановительные и сорбционные свойства, которые меняются под влиянием тяжелых металлов и сами способны менять среду обитания живых организмов [9].

Буферность почвы по отношению к загрязнителям определяется её химизмом, влияющим на подвижность токсических веществ, способность последних вступать в ионный обмен, закрепляться в почвенных коллоидах в процессах сорбции, комплексообразования и осаждения. Для любого раствора устойчивость к загрязнению зависит от содержания в нем тонкодисперсных минералов, их количества и качества, органического вещества и уровня pH в ППК [12]. Процессы осаждения, растворения, а также распределения токсических соединений тяжелых металлов, нефтяных загрязнений, стоков свиноводческих комплексов в сложном компосте происходят между твердыми фазами в широких пределах [11].

Кислотные и щелочные свойства отдельных тяжелых металлов и органических веществ определяют форму и особенности их соединений, величину и знак заряда их частиц (катион, анион, нейтральная частица) в сложном компосте, прочность связей и долю удерживаемых ими частиц [68]. Инообменная абсорбция катионных форм, (металлы, неметаллы) попадающих в сложный компост, возрастает при пониженной кислотности, а у анионных форм проявляется обратная зависимость и основная их часть сорбируется в слабощелочной среде с преобладанием анионов в двузарядной форме [24].

Основным ограничителем подвижности тяжелых металлов в верхнем слое почв степной зоны является влага, нейтральная реакция сложного компоста и устойчивость гумуса. В сложном компосте карбонатная аккумуляция накапливает осадки, обогащенные Cr, Cd, Pb, Mn, Cu, которые весьма подвижны в форме истинных растворов [25, 59]. Перемещение всех элементов в сложном компосте обычно весьма низкое и при испарении идет их аккумуляция – Co, Cd, Ni, Pb и др. Достаточно подвижными являются Mn, Fe, Cu, Mo, Zn в сложных компостах с органическими и минеральными веществами; в коллоидном состоянии при щелочной реакции отдельные элементы весьма активно перемещаются в форме простых солей [26].

Учитывая буферные свойства тяжелых металлов в сложном компосте, переход их подвижных форм в малоподвижные в связи с содержанием тонкодисперсных оксидов алюминия, железа и кремния, содержанием и типом глинистых соединений и гумуса, с повышением pH подвижность ТМ понижается; способность сложного компоста

инактивировать ТМ связывают с высоким содержанием гумуса и глины, а также величиной актуальной кислотности. Буферная способность сложного компоста оценивается по емкости катионного обмена, представляющей интегральную характеристику содержания гумуса, глины и актуальной кислотности почвы. Среди всех загрязнителей агроландшафтов черноземов наибольшую опасность представляют тяжелые металлы.

Количество и типы загрязнителей почвы широко варьируют (тяжелые металлы любого производства, нефть и нефтяные загрязнения, жидкие органические загрязнения животноводческих комплексов, кислотные осадки, пыль и другие), распространение получили 30-35 лет [35]. Мы остановимся на тех загрязнителях (твердых, жидких и газообразных), которые негативно влияют на жизнеспособность людей, но которые можно комплексировать и создавать сложные компосты (удобрения) без применения для их производства каких-либо материальных и затратных мероприятий.

**2. Методы детоксикации загрязненных тяжелыми металлами почв.** Среди всех загрязнителей агроландшафтов черноземов наибольшую опасность представляют тяжелые металлы.

В процессе хозяйственной деятельности человека происходит загрязнение окружающей среды различными химическими средствами интенсификации сельскохозяйственного производства, твердыми, жидкими и газообразными отходами промышленности, органическими отходами населенных пунктов, животноводческих, комплексов, детергентами, искусственными долгоживущими продуктами ядерного деления, продуктами сгорания топлива и т. д.

Среди тяжелых металлов приоритетными загрязнителями являются Hg, Pb, As, Cd, Zn, Cu, Cr, Ni. Они поступают в организм человека и сельскохозяйственных животных в основном с растительной пищей, воздухом и водой. Опасными являются высокие концентрации тяжелых металлов в почве и их избыточное поступление в организм человека и животных, откуда эти металлы выводятся очень медленно, накапливаясь, главным образом, в почках и печени. Кроме того, постоянное потребление растительной продукции даже со слабо загрязненных почв может приводить к кумулятивному эффекту, то есть к постепенному увеличению содержания тяжелых металлов в живом организме.

Степень негативного действия тяжелых металлов на растения определяется не столько валовым (общим) их количеством, сколько содержанием мобильных соединений, находящихся в почве. Подвижность тяжелых металлов в почве и их поступление в растения очень изменчивы и зависят от многих факторов: вида растений, почвенных и климатических условий. Концентрация тяжелых металлов в растениях зависит также от возраста растений и сильно варьирует в различных органах.

Накапливаясь в почве в больших количествах, тяжелые металлы способны изменять многие её свойства. Прежде всего изменения затрагивают биологические свойства почвы: снижается общая численность микроорганизмов, сужается их видовой состав (разнообразие), изменяется структура микробсообществ, падает интенсивность основных микробиологических процессов и активность почвенных ферментов и т. д. Сильное загрязнение тяжелыми металлами приводит к изменению и более консервативных признаков почвы, таких как гумусное состояние, структура, pH среды и др. Результатом этого является частичная, а в ряде случаев и полная утрата почвенного плодородия.

Почвы являются накопителем токсичных веществ и одновременно стартовым звеном в их перемещении в сопредельные среды: воздушную и водную, а также по пищевым цепочкам. Загрязненность почв требует мероприятий по детоксикации почв, снижению опасности токсикантов для здоровья человека. Существуют следующие методы детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами:

- *Известкование почв* – метод основан на нейтрализации избыточной кислотности, при которой подвижность тяжёлых металлов снижается, так как карбонаты этих элементов труднорастворимы (за исключением молибдена и хрома). При известковании загрязнённых почв рекомендуется вносить дозы известковых удобрений, обеспечивающие доведение рН почвы до уровня 6,5-6,7. Известковые удобрения необходимо наиболее равномерно распределять в пахотном слое, поэтому дозу известковых удобрений более 10 т/га следует заделывать в почву в 2 приёма.

- *Внесение органических удобрений* – метод основан на внесении торфомазовых компостов, навоза, соломы, увеличивающих запасы гумуса в почве, её буферную способность и поглощающую ёмкость; является эффективным средством снижения подвижности тяжёлых металлов. Органические удобрения применяют в максимально возможных дозах с учётом потребности сельскохозяйственных культур в азоте и содержания его в корнеобитаемом слое почвы, чтобы не было избыточного накопления нитратов в растительной продукции.

- *Применение фосфорных удобрений* – применяя этот метод, можно существенно снизить подвижность тяжёлых металлов. Эффективность применения фосфорных удобрений зависит от содержания тяжёлых металлов в почве и уровня реакции среды. Конкретные дозы удобрений уточняют с учётом обеспеченности почвы питательными элементами, планируемых урожаев и выноса (дозы фосфоритной муки должны составлять 300-500, а суперфосфата – 120-150 кг/га  $P_2O_5$ ). При этом необходимо знать химический состав удобрений, чтобы не происходило загрязнения почвы токсичными элементами.

- *Глубокая обработка почвы* – метод заключается в увеличении миграции тяжёлых металлов и разбавлении загрязнённого слоя почвы за счет безотвального рыхления. В случае равномерного распределения тяжёлых металлов по всей глубине плодородного слоя почвы применяют очень дорогостоящий приём, заключающийся в переводе соединений тяжёлых металлов в подвижную форму и путём промывки (учитывая уровень грунтовых вод) перемещении их в глубокие горизонты, где они становятся недоступными для корневой системы растений.

- *Подбор устойчивых растений* – сущность метода заключается в том, что подбор сельскохозяйственных культур, устойчивых к загрязнению, является наиболее простым способом ведения земледелия на загрязнённых тяжёлыми металлами почвах. Например, более чувствительными к загрязнению кадмием являются такие растения, как лук, укроп, огурцы, томаты, капуста, редис, а наименее – картофель, пшеница, кукуруза, бобы, горох. При низком загрязнении почвы, когда содержание хотя бы одного из металлов достигает ПДК, необходимо применять комплекс мероприятий по устранению последствий загрязнения. На таких почвах нельзя выращивать наиболее чувствительные к тяжёлым металлам культуры (салат, укроп, лук, петрушку). Не рекомендуется также выращивать на таких почвах кормовые культуры. На этих почвах можно выращивать корне-клубнеплоды (за исключением свеклы) при условии применения необходимых агрономических мероприятий, направленных на снижение подвижности тяжёлых металлов и поступления их в растения.

При среднем и высоком уровнях загрязнения рекомендуется выращивать культуры, мало чувствительные к загрязнению и не накапливающие тяжёлые металлы (технические, семенники), при интенсивном применении агрохимических и агротехнических мероприятий, снижающих поступление тяжёлых металлов в продукцию. При очень высоком уровне загрязнения почвы необходим специальный комплекс работ, так как обычные меры будут малоэффективны и будет происходить не только загрязнение продукции тяжёлыми металлами, но и снижение урожая вплоть до его полной гибели в отдельных случаях. Универсального метода по детоксикации почв не существует. Эффек-

тивность того или иного метода зависит от конкретного типа почв, агрохимических характеристик (рН среды, содержания органического вещества, буферности почвы и т.д.).

Учитывая разнообразие типов сложных компостов, особенно их буферные свойства, переход подвижных форм тяжелых металлов в малоподвижные с концентрацией в субстрате тонкодисперсных оксидов алюминия, железа и кремния, а также глинистых соединений и гумуса, с варьированием рН почвенного раствора, можно изменить величину рН в нужном направлении [41]. С их помощью перевод подвижных форм тяжелых металлов в неподвижные мы провели на сильно загрязненном участке, занятом ранее плодовым садом в типичных условиях степной зоны края [34]. Практическим результатом исследований явилось упрощение и сокращение процесса, а также повышение эффективности очистки черноземных почв, загрязненных тяжелыми металлами, путем связывания их подвижных форм в органоминеральные комплексы, недоступные для растений, наряду со снижением трудозатрат и энергоемкости [17, 25, 43, 50, 51, 61].

Практический результат достигается тем, что в способе очистки черноземных почв, загрязненных тяжелыми металлами, включающем использование побуждающего вещества в составе сложного компоста, который готовится путем смешивания фосфогипса, простого суперфосфата и полуперепревшего навоза (в зависимости от уровня концентрации щелочных металлов) отходы растениеводства КРС, при следующем их соотношении, масс, %: фосфогипс – 10,0-15,0; суперфосфат простой – 0,8-1,0; полуперепревший навоз КРС и остальное – вносят в почву однократно на 4-5 лет в дозе 100-110 т/га с содержанием в навозе органического вещества до 20 % и с рН 6,0-6,5, способной снизить щелочность черноземной почвы от рН 8,4 до 7,2-7,8, с последующей заделкой его культиватором на глубину до 20-25 см [52, 53, 54, 55]. Соотношение предлагаемых компонентов (фосфогипса и суперфосфата простого) обусловлено созданием оптимальной среды сложного компоста (рН 6,0-6,5), способного при внесении его в рекультивируемую почву перевести легкоусвояемые формы тяжелых металлов в труднодоступные для растений при снижении щелочности почвы с рН 7,8-9,2 до 7,2 [69].

Новизна этого способа обусловлена тем, что используемый сложный компост (органические вещества и полуторные окислы) позволяет за год снизить содержание подвижных форм тяжелых металлов (Co, Mn, Cu, Cd, Ni, Pb, Zn) весьма существенно – на 60-70% и больше при переводе их в труднодоступные для растений формы. Использование сложного компоста при указанном соотношении его составляющих позволяет снизить подвижность элементов при консервации их в органоминеральные комплексы и соли металлов при одновременном снижении потерь азота [27, 28, 37, 47]. Внесение сложного компоста способствует повышению в почве содержания органического вещества и некоторому снижению щелочности почвенной среды, что является важным условием перехода тяжелых металлов в труднодоступные для растений соединения [42, 45].

Положительный результат в таком исследовании достигается при сочетании в сложном компосте отмеченных свойств и позволяет за короткий срок снизить загрязнение черноземной почвы легкоусвояемыми формами тяжелых металлов при снижении их подвижности и тем самым сократить их поступление в сельскохозяйственную продукцию [48, 49].

Увеличение в составе сложного компоста содержания фосфогипса от 10 до 15% по массе обусловлено более высокой рН почвенного покрова (от 7,8-8,2 до 9,0-9,2). При содержании фосфогипса > 15 масс.% рН сложного компоста снижается и составляет < 6,0, что может привести к повышению кислотности рекультивируемой почвы, а следовательно, повысить в ней подвижность тяжелых металлов; содержание фосфогипса < 10 масс.%, наоборот, недостаточно для образования компоста с рН от 6,0 до 6,5, способного снизить щелочность черноземной почвы с 7,8-9,2 до 7,2-7,8.

Использование до 0,8-1,0% суперфосфата простого способствует дополнительному обогащению рекультивируемой почвы подвижным фосфором, а также связыванию азота и сокращению его потерь в компосте. Использование в компосте < 0,8 масс. % суперфосфата недостаточно для обеспечения почвы и произрастающей на ней растительности фосфором, а 1,0 масс. % способен обеспечить почву фосфором с учетом его содержания в фосфогипсе.

Исследования динамики тяжелых металлов в почвах агроландшафта проводились в ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района [56]. Был обработан (при внесении сложного компоста) участок площадью 2 га после выкорчевки плодового сада. Исследования проводили с целью снижения уровня ПДК подвижных форм тяжелых металлов (Pb, Cd, Ni) в почвенном покрове.

Почва сада характеризуется следующими свойствами: содержание органического вещества в ней составило 3,5%, рН 7,8-8,2. Валовое содержание тяжелых металлов в загрязненной почве в начале опыта составило: свинца - 70,2 (2,19 ПДК), кадмия - 1,22 (2,44 ПДК), никеля - 188,9 мг/кг (2,22 ПДК); а содержание подвижных форм соответственно 13,6 (2,27 ПДК); 0,21 (2,10 ПДК) и 9,4 мг/кг (2,35 ПДК). Через год после внесения сложного компоста в дозе 100-110 т/га валовое содержание тяжелых металлов в почве несколько увеличилось и составило: РЬ - 78,5, Cd - 1,26, Ni - 200,4 мг/кг; содержание подвижных форм снизилось и составило соответственно 4,5 (0,75 ПДК), 0,05 (0,50 ПДК) и 2,4 мг/кг (0,60 ПДК).

Через 4 года после внесения компоста содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве несколько увеличилось: РЬ - до 5,4 (0,90 ПДК), Cd - 0,08 (0,80 ПДК), Ni - 3,6 мг/кг (0,90 ПДК). Следовательно, для поддержания пониженного уровня ПДК через 4-5 лет необходимо повторное внесение сложного компоста на загрязненной почве. Снижение содержания подвижных форм тяжелых металлов обусловлено усилением сорбционного потенциала состава сложного компоста. В результате проведения опыта содержание органического вещества в обрабатываемой, загрязненной тяжелыми металлами почве повысилось до 3,9 %, а рН снизилось до 7,2-7,8, что способствует связыванию подвижных форм тяжелых металлов в труднодоступные для растений соединения.

Полученные данные свидетельствуют о снижении содержания подвижных форм тяжелых металлов в черноземных почвах и, как следствие, снижении их поступления в растительный материал. Способ очистки черноземных почв, загрязненных тяжелыми металлами, включающий использование сложного компоста, отличающегося тем, что в качестве побуждающего вещества используют сложный компост, который готовят путем смешивания фосфогипса, суперфосфата простого и полуперепревшего навоза КРС и отходов растительности, при следующем их соотношении в зависимости от уровня концентрации щелочных металлов, масс. %: фосфогипс- 10,0-15,0; суперфосфат простой - 0,8-1,0 и остальное – перегной КРС. Указанную смесь вносят в почву однократно на 4-5 лет в дозе 100-110 т/га с содержанием органического вещества до 20 % и с рН 6,0-6,5, способного снизить щелочность черноземной почвы до 7,2-7,8, с последующей заделкой его культиватором на глубину до 20 см.

Указанный способ достаточно прост, позволяет за год снизить загрязнение черноземных почв легкоусвояемыми формами тяжелых металлов при снижении их подвижности, а следовательно, снизить их поступление в сельскохозяйственную продукцию [62].

**2. Бенз(а)пирен и оценка его негативного воздействия.** За последние 30 лет во всех странах мира отмечен значительный рост числа случаев появления врожденных уродств, тяжелых аллергических и онкологических заболеваний. Это бесспорно связано с тем, что антропогенные факторы в биогеохимическом круговороте многих токсичных для человека веществ стали сопоставимы с природными, а порой и превосходят их. Ак-

туальной задачей является организация и осуществление эколого-аналитического мониторинга суперэкоотоксикантов.

Среди ксенобиотиков существенную долю составляют полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), обладающие высокой биологической активностью (в частности, канцерогенной и мутагенной). Это углеводороды, основным элементом структуры которых является бензольное кольцо. Молекулы различных ПАУ содержат разное число сопряженных бензольных колец, а также разнообразные функциональные группы в кольце или боковой цепи.

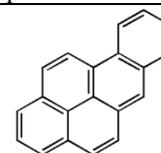
Эти канцерогены присутствуют практически везде: в атмосферном воздухе населенных пунктов и их окрестностей, в воздухе производственных и жилых помещений, в воде открытых водоемов, в растениях и почве. Образование и поступление ПАУ в окружающую среду связано как с высокотемпературными природными процессами (лесные пожары, вулканическая деятельность), так и антропогенными факторами (промышленные выбросы, сжигание топлива, образование выхлопных газов при работе транспортных двигателей и др.). В зависимости от источника выбросов и исследуемого объекта состав полициклических ароматических углеводородов может быть весьма разнообразным: наряду с незамещенными ПАУ в окружающей среде обнаружены их гетероциклические аналоги, иногда более канцерогенные, чем исходные соединения. Их присутствие в смеси с ПАУ может вызывать синергетический эффект.

На сегодняшний день насчитывается более 200 видов ПАУ. Перечислим лишь некоторые из них: нафталин, аценафтилен, аценафтен, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, трифенилен, тетрафен, хризен, бенз(а)пирен, бензперилен. Одной из главных причин токсичности ПАУ является их канцерогенность. Из приведенного набора ароматических незамещенных углеводородов, содержащихся в воздухе и других природных средах, наибольшую канцерогенную активность имеет бенз(а)пирен. Бенз(а)пирен практически всегда обнаруживается там, где присутствуют другие ПАУ. Он обладает относительной стабильностью в окружающей среде и сравнительно легко определим аналитически. Все это позволяет принять бенз(а)пирен в качестве индикатора, характеризующего общую загрязненность исследуемых сред полиароматическими углеводородами.

Бенз(а)пирен содержит в своей молекуле более 4 ароматических колец. Он был идентифицирован в 1933 году как канцерогенный компонент сажи и смолы (табл. 1).

Таблица 1. – Характеристика бенз(а)пирена

Основные свойства бенз(а)пирена		Строение молекулы
Формула	$C_{20}H_{12}$	
Масса	252,31 г/моль	
Плотность	1,24 г/см <sup>3</sup>	
Температура плавления	179 °С	
Температура кипения	495 °С	



Бенз(а)пирен, как и все ПАУ, образуется в основном в результате пиролиза, особенно неполного сгорания органических материалов, а также в природных процессах (карбонизация). Основными антропогенными источниками поступления бенз(а)пирена в окружающую среду являются: сжигание углеводородного сырья, мусора, органики, химико-технологические процессы, а также выбросы автотранспорта. Что касается автотранспорта, то известно, что выброс бенз(а)пирена определяется не столько типом двигателя внутреннего сгорания автотранспортного средства, сколько температурными условиями сжигания топлива, в особенности при запуске и остановке двигателя [63]. Применение открытого огня или жаровен, для которых используется древесный уголь, может вызвать загрязнение данным токсикантом не только воздуха, но и пищи.

Большая часть бенз(а)пирена находится в нижних слоях атмосферы в адсорбированном виде на аэрозольных частицах. В таком виде он может переноситься на большие расстояния воздушными потоками. С атмосферными осадками, а также вследствие седиментации твердых частиц находящийся в атмосферном воздухе бенз(а)пирен поступает в почву. Максимальное содержание его из-за высокой сорбционной способности наблюдается в поверхностном (гумусном) слое. Из почвы бенз(а)пирен может переходить в растения, корма для животных и затем в пищу человека. В основном данный токсикант поступает в растения при осаждении из атмосферы, а не из почвы. Имеются данные, что только при концентрации бенз(а)пирена в почве порядка 100-200 мкг/кг возможно его накопление в растительных организмах. Небольшие количества бенз(а)пирена в почве (0,1-10 мг/кг) могут стимулировать процессы нитрификации и активность целлюлозоразрушающей микрофлоры.

С пищей, водой, а также с вдыхаемым воздухом бенз(а)пирен попадает в организм человека. Для него характерны гидрофобные свойства наряду с хорошей растворимостью в маслах, жирах, плазме человеческой крови. Попадая в живую клетку, бенз(а)пирен способен вызывать в ней необратимые изменения вплоть до образования злокачественных опухолей и возникновения мутаций. Кроме того, под воздействием ультрафиолетового излучения бенз(а)пирен в атмосферном воздухе вступает в реакцию с оксидами азота, в результате образуется новый токсичный продукт, содержащийся в смоге. Он тоже опасен, так как оказывает вредное воздействие на живые организмы, ведет к росту легочных и бронхиальных заболеваний. В настоящее время в нашей стране установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) для бенз(а)пирена в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения ( $5 \text{ нг/дм}^3$ ), в сухой почве (20 мкг/кг) и среднесуточная величина в атмосферном воздухе населенных мест ( $1 \text{ нг/м}^3$ ).

В настоящее время бенз(а)пирен, как правило, определяют методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием флуориметрического детектора (ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.39-03; ПНД Ф 14.1:2:4.65-96; ПНД Ф 13.1.16-98) Данными методиками хорошо определяется бенз(а)пирен на уровне ПДК. Однако если требуется провести измерения следовых количеств данного соединения, то чувствительность данных методов недостаточна.

В лаборатории супертоксиологии НИИ ПЭЭ была отработана хромато-масс-спектрометрическая методика определения бенз(а)пирена в почвах, донных отложениях, твердых отходах, водных и газовойздушных средах, которая заключалась в следующем:

1) извлечение бенз(а)пирена из анализируемых образцов гексаном с использованием ультразвука, очистка и концентрирование при помощи твердофазной экстракции на колонке C18E (*Phenomenex* США);

2) анализ очищенного экстракта бенз(а)пирена в додекане методом хромато-масс-фрагментографии по характеристическим для бенз(а)пирена массам; выполнение анализа осуществляли на хроматографе HP-6890 с масселективным детектором HP-5973 и использованием капиллярной колонки DB-Dioxin.

Данная методика позволила существенно снизить пределы обнаружения бенз(а)пирена, которые составили:

- для почв, грунтов и твердых отходов при навеске пробы 20 г – 0,01 мкг/кг;
- для газовойздушных сред при объеме пропущенного воздуха  $500 \text{ м}^3$  -  $0,25 \text{ нг/м}^3$ ;
- для водных проб при объеме пробы  $0,5 \text{ дм}^3$  –  $0,5 \text{ нг/дм}^3$ .

**3. Диоксины в окружающей среде и методы их определения.** Одной из глобальных экологических проблем является загрязнение окружающей среды стойкими органическими загрязнителями (СОЗ). К этой группе относят диоксины. Диоксины – это

чужеродные живым организмам вещества (ксенобиотики), поступающие в живую и неживую природу с продукцией или отходами многих технологий. Они непрерывно и во все возрастающих масштабах генерируются цивилизацией в последние полвека, выбрасываются в природную среду и накапливаются в ней. Процесс не знает ни пределов насыщения, ни национальных границ. Можно выделить три основные группы способов поступления диоксинов в биосферу:

1. Функционирование несовершенных, экологически небезопасных технологий производства продукции химической, целлюлозно-бумажной, металлургической промышленности. Для них всех характерны диоксинсодержащие отходы и сточные воды в период регулярной деятельности, а также большие дополнительные выбросы в случае аварийной обстановки. В металлургической промышленности микропримеси ПХДД и ПХДФ возникают в процессе синтеза, осуществляющегося путем высокотемпературного хлорирования металла, к которому обычно добавляют металлолом (температура процесса 650°C в производстве  $FeCl_3$  и 750...800°C в производстве  $AlCl_3$ ). Источником диоксинов являются органические вещества, неизбежно сопутствующие вторичному металлу: смазочные масла, остатки охлаждающей жидкости на стружке и т.д. Значительные количества диоксинов образуются в целлюлозно-бумажной промышленности. В основном это происходит на стадии делигнификации древесины. Поскольку лигнин (а это четверть древесной массы) содержит фенольные фрагменты, образование хлорированных фенолов и феноксифенолов - предшественников диоксинов ПХДД и ПХДФ - в процессе хлорирования лигнина неизбежно. Отбеливание целлюлозы осуществляется с использованием хлора и его соединений: оксида хлора, гипохлоритов, хлоритов и хлоратов. При производстве гербицида 2,4,5-Т (2,4,5-трихлоруксусная кислота) в качестве примеси присутствуют ПХДД(Ф).

2. Использование химической или иной продукции, содержащей примеси (диоксинов или их предшественников) и продуцирующей их в процессе использования или аварии.

3. Несовершенство и небезопасность технологии уничтожения, захоронения и преобразования отходов. Известно, например, что с каждым миллионом тонн сжигаемого городского мусора образуется примерно 34 тыс. т летучей золы с сопутствующей ей смесью ПХДД и ПХДФ, причем 95-99% этого количества осаждается на электростатических фильтрах и оказывается на свалках, а остальные вместе с газами попадают в атмосферу.

Диоксины никогда не были целевой продукцией человеческой деятельности, а лишь сопутствовали ей в виде микропримесей. Именно микропримеси диоксинов, характеризующихся комплексом необычных физико-химических свойств и уникальной биологической активностью, могут стать одной из причин долговременного заражения биосферы. Эта опасность несравненно более серьезна, чем заражение природы другими веществами. Даже в очень малых дозах эти вещества вызывают усиление функционирования ферментов монооксигеназной системы печени, ответственной за биотрансформацию сотен соединений, поступающих в организм, и синтез необходимых веществ, что ведет к метаболическому хаосу.

Наиболее токсичными представителями обширной группы чрезвычайно опасных ксенобиотиков являются 2,3,7,8-ТХДД и 2,3,7,8-ТХДФ, содержащие атомы галогенов в латеральных 2,3,7,8-положениях. Диоксин – это шестичленный гетероцикл, в котором два атома кислорода связаны двумя этиленовыми мостиками. Полихлорированные дибензо-п-диоксины и дибензофураны являются бесцветными кристаллическими веществами. Хорошая растворимость различных полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов в органических растворителях определяется их липофильной (гидрофобной) природой. В то же время полихлорированные дибензо-п-диоксины и дибензо-

фураны практически нерастворимы в воде. В частности чрезвычайно низка растворимость 2,3,7,8-ТХДД (8-200 нг/л). В реальных условиях она может быть и ниже, и выше. Это объясняется высокой способностью диоксинов к комплексообразованию с водорастворимыми полимерами (гуминовые и фульвокислоты). Был определен расход гуминовых и фульвокислот в результате хлорирования воды на водозаборе: если до обработки воды содержание гуминовых и фульвокислот в р. Тобол было на уровне 3,82 и 6,71 мг/л соответственно, то после первичной обработки хлором оно снизилось до 2,19 и 3,85 мг/л, а после вторичной обработки - до 1,56 и 2,63 мг/л. Летучесть диоксинов незначительна.

Одна из важных физико-химических характеристик диоксинов – это высокая адгезионная способность по отношению к развитым поверхностям (частичкам почвы, золы, донных отложений). Это свойство зависит, однако, от наличия в субстрате других органических веществ. В неживой природе полихлорированные дибензо-п-диоксины и дибензофураны испаряются с поверхностей очень медленно. В то же время они постепенно переходят в органическую фазу почвы или воды, мигрируют далее в виде комплексов с органическими веществами, поступают в воздух, водоемы, включаются в пищевые цепи. Попадая в живые организмы, диоксины аккумулируются в жирной ткани и далее модифицируют биохимические процессы. Они обладают химическими свойствами, присущими галогенорганическим соединениям. Полихлорированные дибензо-п-диоксины и дибензофураны обнаруживают хорошую стабильность в сильноокислых и щелочных растворах. Известна способность их к нуклеофильному замещению и гидролизу в сильнощелочных спиртовых растворах при нагревании. Наибольшей реакционной способностью обладают диоксины, у которых идет замещение в латеральные положения, а не в апикальные, т.е 2,3,7,8-ТХДД оказывается в реакциях замещения наиболее стойким.

Таким образом, высокая стойкость ксенобиотиков в объектах окружающей среды обуславливается их строением и химическими свойствами. Гидролиз – это основной путь метаболизма этих веществ в живых организмах. В почве период полураспада диоксинов доходит до 20 лет, в воде и донных отложениях 2 года, время полувыведения из организма человека – порядка 3-6 лет.

С целью предупреждения неблагоприятных последствий был разработан допустимый уровень содержания диоксинов в объектах окружающей среды и для основных групп продуктов: величина ПДК в атмосферном воздухе – 0,5 пг/м<sup>3</sup>; в воде – 20 пг/л; в почве – 0,33 нг/кг; донных отложениях – 9 нг/л; для молока и молочных продуктов (в пересчете на липиды) – 5,2 пг/кг; для рыбы и рыбопродуктов (съедобная часть) - 11 пг/кг, в пересчете на липиды - 88 пг/кг; для мяса и мясопродуктов (съедобная часть) – 0,090 пг/кг, в пересчете на липиды – 3,3 пг/кг.

На сегодня наиболее достоверным аналитическим методом определения диоксинов является хромато-масс-спектрометрия, поскольку именно она обеспечивает высокую чувствительность, быстроту, информативность и надежность анализа. При этом особое внимание уделяется пробоподготовке, непременным условием которой является тщательная подготовка пробы: экстракция, многостадийная очистка пробы от сопутствующих примесей и концентрирование, что позволяет даже при невысокой разрешающей способности прибора обнаружить следовые количества супертоксиантов в анализируемых объектах. В пробу добавляется внутренний стандарт, что позволяет, с одной стороны, количественно оценивать содержание диоксинов в пробе и, с другой стороны, знать степень извлечения диоксинов из исходной пробы и уровень потерь при пробоподготовке.

Нами был опробован способ извлечения диоксинов из экстракта почвы адсорбционной хроматографией, в которой разделение составных частей пробы достигается бла-

годаря различной полярности органических веществ. При этом компоненты пробы по-разному адсорбируются на поверхности твердой фазы и удерживаются на ней благодаря образованию нековалентных связей или за счет сил Ван-дер-Ваальса [67]. Диоксины извлекают из анализируемого объекта органическими растворителями с помощью ультразвука. Далее экстракты полихлорированных дибензо-*p*-диоксинов и дибензофуранов очищают, пропуская через колонки.

Очистка образца включает в себя 4 этапа (ПНД Ф 16.1.7-97):

1) очистка на многослойной колонке с модифицированным силикагелем (чередование слоев силикагеля, импрегнированного CsOH или KOH, и слоев, импрегнированных концентраций H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>);

2) очистка на колонке с целлитом 545 и активированным углем;

3) повторная очистка на многослойной колонке с модифицированным силикагелем;

4) очистка на колонке с активированной окисью алюминия.

На многослойной силикагелевой колонке происходит отделение диоксинов от непредельных углеводородов, легко окисляющихся органических соединений и соединений с функциональными группами. Оксид алюминия служит для удаления преимущественно полярных соединений, а активированный уголь с целлитом - для удаления неполярных соединений.

Для элюирования полихлорированных дибензо-*p*-диоксинов и дибензофуранов с силикагелевой колонки № 1 применяли смесь дихлорметана с гексаном в объемном соотношении 50:50. При очистке с помощью активированного угля примеси вымывали смесью ацетона и гексана в объемном соотношении 50:50 и элюировали полихлорированные дибензо-*p*-диоксины и дибензофураны толуолом. С силикагелевой колонки № 2 элюировали экстракт гексаном. Колонку с оксидом алюминия промывали гексаном и элюировали смесью гексана и дихлорметана в объемном соотношении 50:50. В упаренный элюат добавляли 10 мкл додекана и отдували в токе азота. Данный метод был проверен на образцах почвы с внесением внутреннего стандарта.

**4. Бифенилы в окружающей среде.** Среди стойких органических соединений (СО<sub>3</sub>), относящихся к классу суперэкоксикантов антропогенного происхождения, полихлорбифенилы (ПХБ) являются одними из самых распространенных. Они массово производились и использовались с 1929 года. Промышленный выпуск этих синтетических веществ был прекращен в 1986 г в силу их явно выраженных канцерогенных и мутагенных свойств. Однако до этого момента их уже было произведено свыше 2 миллионов тонн.

ПХБ относятся к классу ароматических соединений, состоящих из двух бензольных колец, соединенных через межъядерную связь С-С и замещенных от одного до десяти атомами хлора в *орто*-, *мета*- или *пара*-положениях. Существует 209 индивидуальных конгенов ПХБ, отличающихся числом и положением атомов хлора в молекуле.

По своим физико-химическим свойствам конгены ПХБ близки к диоксинам. ПХБ обладают рядом уникальных физических и химических свойств: исключительными теплофизическими и электроизоляционными характеристиками, термостойкостью, инертностью по отношению к кислотам и щелочам, огнестойкостью, хорошей растворимостью в жирах, маслах и органических растворителях, высокой совместимостью со смолами, отличной адгезионной способностью. Это обуславливало их широчайшее применение в качестве диэлектриков в трансформаторах и конденсаторах, гидравлических жидкостей, теплоносителей и хладоагентов, смазочных масел, компонентов красок, лаков и клеевых составов, пластификаторов и наполнителей в пластмассах и эластомерах, антипиренов, растворителей [64, 66]. Индивидуальные ПХБ сильно различа-

ются по токсичности: чем больше число атомов хлора в молекуле, тем менее ПХБ летуч. Технические ПХБ представляют собой сложные смеси индивидуальных ПХБ.

Значительная часть известных ПХБ встречается в виде загрязнителей окружающей среды: из 36 потенциально токсичных 26 обнаруживаются в тканях рыб, птиц, млекопитающих и беспозвоночных. Выделяют четыре группы ПХБ:

- 1) непосредственно токсичные (стереоаналоги 2,3,7,8-тетрахлор-дibenзо-парадиоксина);
- 2) с высокой потенциальной токсичностью (метаболически сходные с 3-метилхолантеном);
- 3) с умеренной потенциальной токсичностью (фенобарбиталовый тип);
- 4) с минимальной потенциальной токсичностью (мало распространенные в окружающей среде или с очень слабой биокумуляцией).

ПХБ обладают высокой липофильностью. Скорость их выведения является функцией скорости метаболизма, которая, в свою очередь, зависит от выраженности хлорирования. Высокохлорированные дериваты существуют в организме чрезвычайно долго. ПХБ представляют собой смеси, компоненты которых обычно не открываются в образцах биологических жидкостей в той же пропорции, в которой они содержатся в оригинальной жидкости.

*Гигиенические нормативы ПХБ, утвержденные в России:*

- ПДК в воздухе рабочей зоны - 1,0 мг/м<sup>3</sup>, пары, 2-ой класс опасности;
- ПДК в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования - 0.001 мг/л, 2-й класс опасности;
- ПДК в воде рыбохозяйственных водоемов - наличие ПХБ не допускается;
- ОДК - ориентировочные допустимые количества в почве ПХБ (суммарно) - 0,06 мг/кг;
- гигиенические нормативы ПХБ для атмосферного воздуха населенных мест и допустимые уровни загрязнения кожных покровов не установлены.

По данным Всемирной организации здравоохранения [71] основными путями поступления ПХБ в окружающую среду являются следующие:

- 1) испарения из пластификаторов;
- 2) выделение при сжигании бытовых и промышленных отходов, а также при возгорании трансформаторов, конденсаторов и другого промышленного оборудования, в котором используются ПХБ;
- 3) утечки с другими промышленными отходами;
- 4) вывоз ПХБ на свалки;
- 5) другие неконтролируемые пути.

Загрязнение окружающей среды происходит главным образом по первым трем каналам.

*Сбор и утилизация промышленных отходов, содержащих ПХБ.* В связи с особенностями экономической ситуации в России в последние 10-15 лет существует проблема сбора и утилизации промышленных отходов, содержащих ПХБ. Лакокрасочные и смазочные материалы, произведенные много лет назад, в настоящее время практически полностью израсходованы и не представляют угрозы для окружающей среды. Электрооборудование же, особенно трансформаторы, из-за очень больших сроков службы эксплуатируется до сих пор. Количество отходов ПХБ от элементов электротехнического оборудования (т.е. выведенных из эксплуатации, но не полностью утилизированных) оценено в таблицах 1, 2.

Таблица 1. Отходы от электротехнического оборудования, содержащие ПХБ

Отрасль хозяйствования	Списанное или поврежденное оборудование			Количество ПХБ, слитого из оборудования (т)	Общее количество ПХБ (т)
	трансформаторы	конденсаторы	ПХБ, (т)		
Химическая и нефтехимическая, черная и цветная металлургия, деревообрабатывающая (включая целлюлозно-бумажную промышленность), машиностроение	186	5688	318,6	246,5	565,1
Топливо-энергетический комплекс (сектор)	-	19669	296,3	-	296,3
Данные территориальных комитетов по охране окружающей среды	144	10065	357,8	20,6	378,4
Итого		35422	972,1	267,1	1240

Таблица 2. Региональное распределение ПХБ-содержащих отходов

Регион	Содержание ПХБ в отходах промышленности по секторам, т		
	Промышленность	Энергетика	По данным региональных комитетов охраны природы
Северный	10,6	25,8	5,6
Центральный	13,8	51,2	84,9
Центрально-Черноземный	4,2	6,8	4,3
Волго-Вятский	13,3	50,8	16,5
Поволжский	83,7	6,2	29,1
Северо-Кавказский	0,1	55,9	19,8
Уральский	144,0	65,8	139,0
Восточно-Сибирский	-	1,9	26,0
Западно-Сибирский	49,2	6,2	21,3
Дальний Восток	-	0,9	7,8
Калининградская обл.,	-	6,4	9,0

*Особенности идентификации ПХБ.* Современные методы и подходы, используемые аналитиками при анализе объектов окружающей среды на содержание ПХБ, позволяют определять все конгенеры, несмотря на то, что ни одна хроматографическая колонка не может в настоящее время разделить все 209 компонентов ПХБ. Доминирующими методами являются:

- газо-жидкостная хроматография (ГЖХ) с использованием селективного к хлорсодержащим соединениям электрозахватного детектора (ЭЗД) (Heidman, 1986);
- сочетание ГХ-МС (система: газовый хроматограф-массдетектор) низкого разрешения (Бродский и др., 1992); и для определения планарных ПХБ (№№ 77, 81, 126, 169) сочетание ГХ с МС высокого разрешения.

В настоящее время в качестве основного метода анализа ПХБ применяется «газо-хроматографический метод определения пестицидов и полихлорированных бифенилов в растительных объектах, почве и воде» (Клисенко). Метод основан на извлечении ПХБ из исследуемого образца органическими растворителями, сернокислотной очистке экстракта и проведение их качественного и количественного анализа с использованием хромато-масс-спектрометра.

При этом существует ряд современных методик, которые позволяют осуществлять процесс пробоподготовки образца с меньшим процентом потерь и меньшими затратами реактивов. Метод перхлорирования для определения суммарного количества ПХБ основан на реакции исчерпывающего хлорирования всех конгенов ПХБ с образованием единственного соединения декахлорбифенила (ДХБ), определение которого осуществ-

ляется хроматографическим методом. На модельных смесях были найдены условия перхлорирования ПХБ модифицированным реагентом ВМС в количествах от 14 нг до 140 мкг, что перекрывает диапазон нормирования ПДК для большинства природных матриц. В найденных условиях можно проводить анализ на содержание ПХБ, присутствующих в образце на уровне ПДК.

Наши исследования по обнаружению загрязнения бифенилами предприятий Краснодарского края (ОАО «Еврохим БМУ» и Тихорецкий Машзавод) показали необходимость более детального обследования данных территорий и других крупных предприятий и населённых пунктов края. Актуальность данной проблематики подтверждается исследованиями российских и зарубежных ученых в области выявления бифенильного загрязнения урбанизированных территорий, а также степени их опасности для человеческого организма. К тому же необходимо принять во внимание отсутствие каких-либо исследований по загрязнению данным токсикантом территории Краснодарского края. Поэтому считаем целесообразным провести масштабное исследование с целью обнаружения присутствия в компонентах окружающей среды полихлорированных соединений в наиболее крупных населённых центрах края, на предприятиях химической и других видов промышленности. В данном случае анализу должны подвергаться пробы почв как на территории предприятия, так и вне его, промышленные сбросы, отходы и донные отложения водоёмов, в которые осуществляется сброс сточных вод.

Впоследствии, получив определенные результаты, можно будет сделать выводы о необходимости проведения мониторинговых исследований той или иной зоны на территории Краснодарского края. Не менее актуальным является развитие исследований учёных Института биологии южных морей НАН Украины, (г. Севастополь) в области изучения уже выявленного загрязнения и миграции бифенилов в трофических сетях акватории Чёрного моря, где необходимо проводить отбор проб морской воды, донных отложений и бентосных организмов.

**5. Рекультивация почв, загрязненных нефтью.** Решением задачи является повышение эффективности восстановленных почв, загрязненных нефтепродуктами, за счет снижения трудозатрат и энергоёмкости. Поставленная задача достигается тем, что способ рекультивации почв, загрязненных нефтью, включает обследование участка, внесение удобрений, вспашку и посев сельскохозяйственных культур, в фосфогипс при первом внесении по поверхности загрязненного участка добавляют песок в соотношении 2:1, наносят на поверхность почвы слоем 1,0-1,5 см, в первый год 3-4 раза через 1 месяц, начиная со второй половины апреля и до середины августа, а осенью на поверхность почвы разбрасывают сложный компост слоем до 1,5 см, состоящий из фосфогипса и полуперепревшего навоза крупного рогатого скота при соотношении 1:7; весной в почву вносят смесь, состоящую из минеральных удобрений и фосфогипса, взятых в соотношении 1:5; участок вспахивают и готовят к посеву [33].

Способ рекультивации почв, загрязненных нефтью, отличается тем, что минеральные удобрения состоят из азота, фосфора и калия, взятых в равных частях. Новизна заявленного предложения обусловлена тем, что загрязненная почва не вывозится, норма внесения мелиорантов определяется с учетом объема разлитой нефти, агрономической оценки почвы до разлива, продолжительности нахождения нефти на поверхности почвы. Заявленный способ подходит для рекультивации загрязненных нефтью почв или при ликвидации нефтяных загрязнений почв.

Пример конкретного осуществления способа рекультивации почв, загрязненных нефтью, включает использование дегидратного фосфогипса. Для проведения опыта использовались участки полей севооборота хозяйства «Заветы Ильича» Ленинградского района, загрязненные нефтью. Опыт проводился в 2005 г.

Предварительно обследовали два участка площадью 1 га каждый. Первый и второй участки были проанализированы на содержание гумуса и нефтепродуктов. По данным исследований было установлено, что первый участок имеет невысокую мощность горизонта 4,2%, что соответствует агрохимическим нормам; на втором участке, где была разлита нефть из расчета 15 л/м<sup>2</sup>, содержание гумуса составило 2,1%, что можно отнести к слабогумусному горизонту, и содержание нефтепродуктов составило 82000 мг/кг [57]. Затем разбрасывали фосфогипсово-песчаную смесь в соотношении 2:1. Такое соотношение обеспечивает наилучшую сорбционную емкость. При присутствии в почве частиц песка легкие фракции нефти будут образовывать новые соединения.

Нижний подвижный слой подпочвы, не затронутый нефтью, но расположенный на границе с загрязненным участком, будет иметь частичную буферную емкость, недостаток кислорода и определенный процент отмирания бактерий. Более нижние слои будут сохранять буферность и воду с находящимся в ней кислородом.

При внесении фосфогипса и его перемешивание с почвой происходят реакции, протекающие в основном в кислой среде: преобразование фракций нефти с разрушением фракционной цепочки и выделением газа, включая сероводород, а также углекислый газ. Фосфогипс, обладая кислой реакцией, частично будет способствовать отделению воды от нефтяных фракций и поддерживать окислительно-восстановительных функций почвы.

Состав нефти включает соединенные нефти, циклопарафины, нефтены, ароматические углеводороды, соединения ароматические с гетероатомами. В составе нефти присутствуют также соединения серы и микроэлементов (тяжелые металлы). При перемешивании субстрата под воздействием кислорода воздуха происходят реакции разрушения или перегруппировки фракционного состава нефти. При механическом воздействии (перепашка и внесение фосфогипса) происходит перемешивание слоев. При этом почвенные частицы, насыщенные фракциями нефти, будут взаимодействовать с неповрежденными, снимая давление загрязнения на субстрат. При сохранении кислой реакции будет происходить дальнейший распад органической составляющей нефти. Помимо этого произойдет уравнивание окислительно-восстановительного потенциала и реакция дыхания почвы будет возобновлена. Поглощение почвой CO<sub>2</sub> и тем самым негативное влияние нефти будет уменьшено.

Если взять смесь с другим соотношением, то будет происходить усиление процесса гидрогенизации, но процесс сорбции идти не будет, и влияние нефтяного пятна будет оставаться локальным. Данный компост разбрасывают слоем 1,0-1,5 см и перемешивают с загрязненным субстратом путем перепашки всей площади на глубину ее загрязнения нефтепродуктами. Так как компост вносят 3-4 раза через 1 месяц, начиная со второй половины апреля до середины августа, это позволяет почве постепенно взаимодействовать с загрязненным участком послойно. Так как запашка идет на глубину 12-15 см, то происходит перемешивание с целью улучшения аэрации субстрата и усиления испарения воды с растворимыми в ней легкими фракциями нефти.

Осенью по поверхности загрязненного участка разбрасывается компост слоем 1,0-1,5 см, состоящий из фосфогипса и полуперепревшего навоза КРС при соотношении 1:7. Данная пропорция обусловлена тем, что кислая среда фосфогипса будет продолжать воздействовать на фракционный состав нефти, а вот отходы КРС будут приносить в почву органическое удобрение и бактерии. Если в почву внести смесь с обратным соотношением полуперепревшего навоза КРС и фосфогипса, то развития бактерий и формирования микросообществ не произойдет. Рекультивируемый участок был проанализирован на содержание нефтепродуктов и гумуса, которые составили от 920 до 1130 мг/кг и 3,5% соответственно.

Весной в почву вносят смесь, состоящую из минеральных удобрений азота, фосфора и калия в равных количествах и фосфогипса, взятых в соотношении 1:5. Минеральные удобрения первыми будут участвовать в реакции и питании растений, фосфогипс вносится как мелиорант и уже как минеральное удобрение продолжительного действия. В почву сложный компост заделывают на глубину 15-185 см.

Посев овса проводили из расчета 2 ц семян/га. Урожай травостоя в конце мая составил 3,8 т/га воздушно-сухой массы.

Таким образом, способ рекультивации почв, загрязненных нефтью, включает обследование участка, внесение удобрений, вспашку и посев сельскохозяйственных культур, отличается тем, что в фосфогипс добавляют песок в соотношении 2:1 и полученную смесь наносят на поверхность почвы слоем 10-15 см в первый год 3-4 раза через 1 месяц, начиная со второй половины апреля и до середины октября, исключая холодный дождливый период, а осенью на поверхность почвы разбрасывают слоем 10-15 см компост, состоящий из фосфогипса и перегноя отходов крупного рогатого скота в соотношении 1:7, весной в почву вносят смесь, состоящую из минеральных удобрений и фосфогипса, взятых в соотношении 1:5; почву вспахивают и проводят посев овса; способ рекультивации почв, загрязненных нефтью по п.1, отличается тем, что минеральные удобрения состоят из азота, фосфора и калия, взятых в равных частях.

**6. Загрязнение речных систем.** Речная гидрология Краснодарского края весьма специфична. Проанализировав обширные территории, занятые реками края, мы разделили их на 5 групп, отличающихся местами забора, особенностями территориального стока и их впадением. Безусловно, они отличаются по физическим, химическим и биологическим свойствам воды, донных отложений, береговой специфике, растительности, почвенному покрову их пойм [4, 13, 15, 18, 21]. Самая крупная река Краснодарского края – Кубань [6]. Основное русло её проходит по краю, но начинается в горах, затем протекает по равнине и впадает первоначально в Черное, а затем в Азовское море. Большие равнинные площади занимают степные реки, загрязненные тяжелыми металлами (кадмием, марганцем) [19, 14, 64]. Большая концентрация тяжелых металлов свойственна относительно маломощной реке Кирпили. Экологическое состояние бассейнов степных рек Кубани весьма удручающее, они загрязнены тяжелыми металлами, нефтью, органическими стоками [38]. Перспективы их развития – это посадка галерейных лесов вдоль всех русел этих рек [39], что, конечно, не финансируется и трудно сказать о реализации таких мероприятий.

Исследования различных групп речных систем показали, что степные реки в своих донных отложениях накопили существенные концентрации свинца [20], стронция [75], титана [76], хрома [77], особенно богата комплексом загрязнителей – органических соединений и биогенов – река Челбас [23]. Антропогенная трансформация прибрежных систем Черного моря коснулась выноса Черноморскими реками в первую очередь нефтяных загрязнений [7].

Степные реки Кубани накапливают определенные количества ванадия [74], железа [73], меди [22], мышьяка [16], никеля [72]. Большой интерес представляет бассейн реки Пшада [29, 31], отличающейся относительной непродолжительностью, но буйным нравом и сильно изменяющей свое русло в равнинной части.

**7. Способ переработки навозных стоков свиноводческих комплексов (СК).** Стоки свиноводческих комплексов, как и твердые отходы являются источником резкого неприятного запаха. Жидкие или твердые отходы СК создают дискомфорт для жителей его окрестности. Поэтому мы задались целью попытаться решить вопрос по удалению такого запаха с использованием сложного компоста [30, 60, 3, 44].

Способ переработки навозных стоков СК, включающий введение фосфогипса в емкость для хранения навоза и получение жидкого обеззараженного удобрения, отли-

чает тем, что в жидкий свиной навоз добавляют фосфогипс с рН 3,0-3,5, через 2-3 дня после исчезновения резкого неприятного запаха вносят перегной при следующем соотношении, мас. %: фосфогипс – 7-8, перегной – 1-3, жидкий свиной навоз – остальное, затем перемешивают до однородной массы и выдерживают субстрат в течение 1-2 месяцев. Это позволяет получить жидкое обеззараженное удобрение при снижении трудозатрат и энергоемкости.

Известен способ переработки навозных стоков животноводческих ферм и комплексов, который включает разделение исходных стоков на твердую и жидкую фракции, сбраживание жидких стоков, поступивших на очистную станцию от животноводческих предприятий района, после чего нагретую сброженную жидкую фракцию несколько раз пропускают через биофильтр-аэротенк до достижения БПК<sub>5</sub> 5-10 мг/л, отстаивают и сбрасывают в водоем, а осадок частично используют для насыщения аэробной микрофлорой жидкой фракции после метанового сбраживания и затем весь осадок подсушивают и используют как удобрение.

Известен способ хранения и подготовки к утилизации животноводческих стоков, включающий накопление животноводческих стоков и разделение их на твердую и жидкую фракции; отделенную твердую фракцию собирают в накопителе, подают на установку компостирования, где проводят биотермическое обеззараживание. Жидкую фракцию подают в поочередно заполняемые карантинные емкости, в которых ее выдерживают не менее 6 суток для выявления эпизоотии, после чего не содержащую болезнетворных микроорганизмов жидкую фракцию направляют через отделитель грубых включений в геомембранное сооружение, где осуществляется психрофильное сбраживание в течение 30-120 суток. Сброженную жидкую фракцию направляют в открытое хранилище, а осадок, оседающий при сбраживании, отбирают путем осуществления его возвратно-поступательного движения и направляют на компостирование.

Известен способ переработки бесподстилочного свиного навоза в органическое удобрение, включающий применение для обеззараживания свиноводческих стоков биопрепарата «Тамир» как отдельно, так и совместно с фосфогипсом.

Известен также способ подготовки жидких отходов свиноводческих хозяйств для сельскохозяйственного использования, включающий реагентную обработку жидкого навоза путем поэтапного введения подкисляющего реагента - суспензии фосфогипса до рН 6,5-7,5 и коагулянта - низкоосновного оксихлорида алюминия марки Аква-Аурат 14, который вводят в жидкий навоз в виде 5-10%-го раствора с дозой 3-30 мг/дм Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, с последующим обеззараживанием осадка в аппарате вихревого слоя с подвижными ферромагнитными частицами, взятый за прототип.

Результатом исследований является получение жидкого удобрения путем обеззараживания навозных стоков свиноводческих комплексов, а также снижение трудозатрат и энергоемкости. В способе переработки навозных стоков СК, согласно изобретению, в жидкий свиной навоз добавляют фосфогипс с рН 3,0-3,5, через 2-3 дня после потери резкого неприятного запаха вносят перегной при следующем соотношении, мас. %: фосфогипс – 7-8, перегной – 1-3, а остальное жидкий свиной навоз, затем перемешивают до однородной массы и выдерживают субстрат в течение 1-2 месяцев.

Новизна заявленного способа обусловлена тем, что использование фосфогипса с рН 3,0-3,5 позволяет обеззаразить свиноводческие стоки при быстрой потере ими резкого неприятного запаха с малыми трудо- и экономическими затратами. Использование фосфогипса и перегноя позволяет обогатить свиноводческие стоки кальцием, серой, фосфором, кремнием и другими элементами. Указанное соотношение компонентов (фосфогипса, перегноя и свиноводческих стоков) и выдерживание субстрата в течение 1-2 месяцев позволяет снизить численность энтеробактерий и яиц гельминтов в жидкой фракции до уровня, позволяющего вносить свиноводческие стоки в почву без ограни-

чений. Научный результат достигается только при сочетании заявленных признаков, что позволяет за короткий срок, в течение 1-2 месяцев, получить обеззараженное жидкое удобрение из свиноводческих стоков, которое целесообразно использовать в сельском хозяйстве для полива сельскохозяйственных культур, а твердую часть в дальнейшем компостировать.

Опыт с жидким свиным навозом проводился на вегетационной площадке кафедры общей биологии и экологии КубГАУ. Опыт закладывали в емкостях объемом 5000 см<sup>3</sup>. Жидкий свиной навоз, используемый в опыте, отобран из корпуса содержания поросят в возрасте 4 месяцев и старше.

Опыт включал 2 варианта: контрольный (жидкий свиной навоз) и опытный (жидкий свиной навоз + фосфогипс + перегной, соотношение которых зависит от кислотности основных компонентов: свиноводческих стоков и фосфогипса), проводимые одновременно. Ежемесячно проводили отбор проб и их анализ для оценки химических и биологических характеристик свиноводческих стоков. Период обеззараживания стоков опытного варианта составил 1-2 месяца, неприятный запах пропадал через 2-3 дня, жидкие стоки обогащались кальцием, серой, фосфором, кремнием и другими элементами [1].

При отборе проб по истечении месяца с момента заложения опыта было отмечено, что в контрольной емкости, содержащей только жидкий свиной навоз, на поверхности субстрата сформировалась довольно плотная корка. Сам навоз имел насыщенный зеленоватый цвет и характерный запах. В опытной же емкости, содержащей кроме навоза еще и фосфогипс, корка на поверхности субстрата отсутствовала, была заметна бактериальная пленка на поверхности жидкости, а запах пропадал на 2-3-й день. По истечении 1-2 месяцев с момента заложения опыта было отмечено, что в опытной емкости активно идут процессы брожения, о чем свидетельствовало интенсивное выделение молекулярного азота; сам субстрат стал более прозрачным, запах свежего свиного навоза отсутствовал и корки не образовывалось. Реакция среды (рН) в контрольном варианте по истечении одного месяца составляла 7,4, тогда как с добавлением фосфогипса несколько ниже – 7,2. По истечении двух месяцев с момента заложения опыта реакция среды в опытном варианте снизилась до 6,8-7,0, что связано с кислой средой отхода химического производства (рН фосфогипса 3,0-3,5).

Численность энтеробактерий на начало проведения исследований в опытном и контрольном вариантах была одинакова, а уже через два месяца в опыте титр энтеробактерий снизился до уровня, позволяющего вносить данные стоки в почву без ограничений (Ю<sup>1</sup>), а в контроле остался по-прежнему высоким (К)<sup>3</sup>.

На момент закладки опыта варианты по своим паразитологическим свойствам не удовлетворяли существующим требованиям из-за высокого содержания в них яиц гельминтов: в контроле – 34, в опыте – 28 шт./л. Через месяц после закладки опыта численность яиц гельминтов в жидкой фракции контроля осталась прежней, а в опытном варианте уменьшилась до допустимого уровня (менее 1 шт/л.), что связано, очевидно, с осаждением яиц фосфогипсом в твердую фракцию.

Результаты проведенных исследований показывают, что предложенная схема обеззараживания свиноводческих стоков достаточно успешно работает. По истечении 1-2 месяцев с начала проведения исследований в опытной емкости произошло осаждение взвешенных частиц, активизировались процессы брожения, которые способствовали снижению интенсивности неприятного запаха. Внесение фосфогипса способствовало осаждению яиц гельминтов и, следовательно, снижению их численности в жидкой фракции с последующим сосредоточением в осадке.

Заявленный способ весьма прост, позволяет за короткий срок, в течение 1-2 месяцев, получить обеззараженное жидкое удобрение из свиноводческих стоков, которое

целесообразно использовать в сельском хозяйстве для полива сельскохозяйственных культур, а твердую часть (осадок) в дальнейшем целесообразно выбирать и компостировать отдельно.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алифиров М.Д., Белюченко И.С., Бозина Т.В., Волошина Г.В., Гукалов В.Н., Демченко М.М., Кобецкая О.А., Мельник О.А., Муравьев Е.И., Петренко Д.В., Петух Ю.Ю., Пономарева Ю.В., Провизен Е.В., Ткаченко Л.Н., Яценко М.В. К вопросу о технологии переработки свиного навоза в перегной и его обогащение микроэлементами // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2007. – Т. 3. – № 3. – С. 99.
2. Белюченко И.С. Введение в общую экологию: Учебное пособие. – Краснодар, 1997. – 544 с.
3. Белюченко И.С. К вопросу о характере развития экосистем Кубани // Экологические проблемы Кубани. – 2000. – № 8. – С. 177-186.
4. Белюченко И.С., Перебора Е.А., Назарько М.Д., Горбатенко Л.И., Мельченко А.И., Старжинская И.С., Донец М.Ю., Мамась Н.Н., Чалкин А.В. Антропогенная трансформация прибрежных систем Черного моря (в границах Краснодарского края) // Экологические проблемы Кубани. – 2000. – № 5. – С. 35-63.
5. Белюченко И.С. Эволюционная экология: Учебное пособие. – Краснодар, 2001. – 504 с.
6. Белюченко И.С. Бассейн реки Кубань - специфическое природное образование // Экологические проблемы Кубани. – 2001. – № 11. – С. 3-17.
7. Белюченко И.С., Перебора Е.А., Назарько М.Д. Антропогенная трансформация прибрежных систем Чёрного моря // Экологические проблемы Кубани. – 2001. – № 5. – С. 35-164.
8. Белюченко И.С., Перебора Е.А., Гукалов В.Н. Физико-географическая характеристика Ленинградского района // Экологические проблемы Кубани. – 2002. – № 16. – С. 186.
9. Белюченко И.С., Высоцкая И.Ф., Гукалов В.Н. Валовые и подвижные формы свинца в аграрных ландшафтах Кубани // Экологические проблемы Кубани. – 2003. – № 20. – С. 100-200.
10. Белюченко И.С., Гукалов В.Н. Проблемы развития агроландшафтных систем в богарной зоне Краснодарского края // Экологические проблемы Кубани. – 2003. – № 21. – С. 7-281..
11. Белюченко И.С., Гукалов В.Н., Вартамянц Е.А. Валовые и подвижные формы кадмия в агроландшафте (на примере колхоза «Заветы Ильича» Ленинградского района) // Экологические проблемы Кубани. – 2004. – № 24. – С. 87-182.
12. Белюченко И.С., Гукалов В.Н. Проблемы развития агроландшафтных систем в богарной зоне Краснодарского края // Экологические проблемы Кубани. – 2004. – С. 7-281.
13. Белюченко И.С. К вопросу о специфичности речной гидрологии Краснодарского края // Экологические проблемы Кубани. – 2004. – № 26. – С. 5-9.
14. Белюченко И.С. Сезонная динамика тяжелых металлов по горизонтам почвы. Сообщение 2. Динамика различных форм кадмия в черноземе обыкновенном // Экологические проблемы Кубани. – 2004. – № 24. – С. 3-27.
15. Белюченко И.С., Мамась Н.Н. Оценка состояния речных систем степной зоны края и предложения по улучшению их экологической ситуации // Экологические проблемы Кубани. – 2005. – № 30. – С. 198-206.
16. Белюченко И.С., Демченко М.М., Шерстюченко Я.В. Содержание мышьяка в ландшафтах степных рек Кубани // Экологические проблемы Кубани. – 2005. – № 30. – С. 33-34.
17. Белюченко И.С. Экология Кубани. Краснодар. – 2005. – Ч. II. – 470 с.
18. Белюченко И.С. Современные проблемы функционирования степных рек // Экологические проблемы Кубани. – 2005. – № 27. – С. 164-183.
19. Белюченко И.С., Вартамянц Е.А., Демченко М.М. Содержание кадмия в ландшафтах степных рек // Экологические проблемы Кубани. – 2005. – № 30. – С. 51-57..
20. Белюченко И.С., Гукалов В.Н. Содержание свинца в ландшафтах степных рек Кубани // Экологические проблемы Кубани. – 2005. – № 30. – С. 19-22.

21. Белюченко И.С., Демченко М.М. Содержание марганца в ландшафтах степных рек Кубани // Экологические проблемы Кубани. – 2005. – № 30. – С. 41-45.
22. Белюченко И.С., Бережная Н.П., Демченко М.М., Яценко М.В. Содержание меди в ландшафтах степных рек Кубани // Экологические проблемы Кубани. – 2005. – № 30. – С. 27-30.
23. Белюченко И.С., Гукалов В.Н., Курдюмова И.С. Оценка уровня загрязнения воды реки Средняя Челбаска органическими соединениями и биогенными элементами в зоне животноводческих комплексов // Экологические проблемы Кубани. – 2006. – № 32. – С. 14--152.
24. Белюченко И.С., Баранова С.Б., Громыко В.В. Оценка воздействия отходов животноводства на прилегающие ландшафты (Прикубанский округ г. Краснодара) методами химического анализа // Экологические проблемы Кубани. – 2006. – № 32. – С. 237-267.
25. Белюченко И.С., Гукалов В.Н., Демченко М.М., Пономарёва Ю.В., Шерстюченко Я.В., Яценко М.В. Содержание тяжёлых металлов в почвах ландшафтов, прилегающих к животноводческим комплексам // Экологические проблемы Кубани. – 2006. – № 32. – С. 106-111.
26. Белюченко И.С., Филобок М.Л. Динамика содержания подвижного и валового цинка в системе агроландшафта // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2006. – Т. 2. – № 1. – С. 66-77.
27. Белюченко И.С., Громыко В.В., Гукалов В.Н., Демченко М.М. Содержание марганца в кормах и биологических жидкостях КРС в ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района // Экологические проблемы Кубани. – 2006. – № 32. – С. 52-55.
28. Белюченко И.С., Гукалов В.Н., Емченко М.М. Содержание тяжелых металлов в отходах животноводства // Экологические проблемы Кубани. – 2006. – № 32. – С. 47-51.
29. Белюченко И.С., Гукалов В.Н., Демченко М.М. Сточные воды животноводческих комплексов как потенциальный источник загрязнения поверхностных вод тяжелыми металлами // Экологические проблемы Кубани. – 2006. – № 32. – С. 102-104.
30. Белюченко И.С., Носаленко А.П., Пономарева Ю.В. Технология ускорения переработки жидкого свиного навоза и возможности его использования в качестве удобрения // Экологические проблемы Кубани. – 2007. – № 33. – С. 18-23.
31. Белюченко И.С., Корунчикова В.В., Мамась Н.Н., Сергеева А.С., Сусллова О.С. Экологическое состояние бассейна реки Пшада // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2008. – Т. 4. – № 3. – С. 23-45.
32. Белюченко И.С., Гукалов В.В., Мельник О.А., Муравьев Е.И., Славгородская Д.А. Влияние фосфогипса на развитие и продуктивность растений подсолнечника // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2008. – Т. 4. – № 4. – С. 115-117.
33. Белюченко И.С., Добрыднев Е.П., Муравьев Е.И., Мельник О.А., Славгородская Д.А., Терещенко Е.В. Использование фосфогипса для рекультивации загрязненных нефтью почв // Тр. / КубГАУ. – 2008. – № 12. – С. 72-77.
34. Белюченко И.С. Использование фосфогипса для рекультивации чернозема обыкновенного в степной зоне Кубани // В сб.: Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. – Краснодар, 2009. – С. 54-59.
35. Белюченко И.С. Проблемы рекультивации отходов быта и производства (по материалам I всероссийской научной конференции по проблемам рекультивации отходов) // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2009. – Т. 5. – № 3. – С. 72-78.
36. Белюченко И.С. Экология Краснодарского края (региональная экология). Учебное пособие. – Краснодар, 2010. – 354 с.
37. Белюченко И.С. Роль регионального мониторинга в управлении природно-хозяйственными системами края // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2010. – Т. 6. – № 4. – С. 3-16.
38. Белюченко И.С. Экологическое состояние бассейнов степных рек Кубани и перспективы их развития // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2010. – Т. 6. – № 2. – С. 5-16.
39. Белюченко И.С. К вопросу о роли леса в функциональном восстановлении бассейнов степных рек края // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2010. – Т. 6. – № 3. – С. 3-14.
40. Белюченко И.С. К вопросу о формировании и свойствах органоминеральных компостов и реакции растений кукурузы на их внесение // Экол. вестник Сев. Кавказа. – 2011. – Т. 7. – № 4. – С. 65-74.
41. Белюченко И.С. Введение в экологический мониторинг: Учебное пособие. – Краснодар. – 2011. – 297 с.

42. Белюченко И.С. Экологические проблемы степной зоны Кубани, причины их возникновения и пути решения // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2011. – Т. 7. – № 3. – С. 47-64.
43. Белюченко И.С. Введение в антропогенную экологию. Краснодар, 2011. – 265 с.
44. Белюченко И.С., Никифорова Ю.Ю. Влияние сложных компостов на свойства почвы и формирование почвенной биоты // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2012. – Т. 8. – № 4. – С. 3-50.
45. Белюченко И.С. К вопросу о механизмах управления развитием сложных компостов // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2012. – Т. 8. – № 3. – С. 88-111.
46. Белюченко И.С. Сложный компост и его роль в улучшении почв // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2012. – Т. 8. – № 2. – С. 75-86.
47. Белюченко И.С., Бережная В.П. Влияние осадков сточных вод на плодородие почвы, развитие озимой пшеницы и качество ее зерна // Тр. / КубГАУ. – 2012. – Т. 1. – № 34. – С. 148-150.
48. Белюченко И.С. Использование отходов быта и производства для создания сложных компостов с целью повышения плодородия почв // Тр. / КубГАУ, 2012. – Т. 1. – № 38. – С. 68-72.
49. Белюченко И.С. Применение органических и минеральных отходов для подготовки сложных компостов с целью повышения плодородия почв // Тр. / КубГАУ. – 2012. – Т. 1. – № 39. – С. 63-68.
50. Белюченко И.С., Зайцев С.В. Пути к снижению объема отходов // Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2013. – Т. 9. – № 2. – С. 86-88.
51. Белюченко И.С., Мельник О.А. Снижение загрязнения черноземов тяжелыми металлами // Тр. / КубГАУ. – 2013. – Т. 1. – № 43. – С. 52-54.
52. Белюченко И.С. Коллоидные системы отходов разных производств и их роль в формировании сложного компоста // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2013. – Т. 93. – № 93 (03). – С. 787-811.
53. Белюченко И.С. Дисперсность отходов и их свойства // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2013. – Т. 92. – № 92 (02). – С. 221-230.
54. Белюченко И.С. Агрегатный состав сложных компостов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2013. – Т. 93. – № 93 (03). – С. 812-830.
55. Белюченко И.С. Дисперсные и коллоидные системы отходов и их коагуляционные свойства // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2013. – Т. 9. – № 1. – С. 13-38.
56. Белюченко И.С. Применение органических и минеральных отходов при подготовке сложных компостов для повышения плодородия почв // В сб.: Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства (с участием экологов Азербайджана, Беларуси, Германии, Грузии, Казахстана, России, Узбекистана и Украины). – Краснодар. – 2013. – С. 26-30.
57. Пат. 2402079. Российская Федерация. МПК G09C 1/10, C122N. Способ рекультивации почв, загрязненных нефтью/ Белюченко И.С., Добрыднев Е.П., Муравьев Е.И., Мельник О.А., Терещенко Е.В. Опубл. 11.08.08.
58. Пат. 2019947. Российская Федерация. Способ создания полидоминантных пастбищ в континентальных субтропиках /Белюченко И.С.
59. Гукалов В.Н., Белюченко И.С., Демченко М.М. Динамика валового и подвижного марганца в системе агроландшафта // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2005. – Т. 2. – № 2. – С. 55-77.
60. Гукалов В.Н., Ткаченко Л.Н., Белюченко И.С. Паразитологический анализ отходов животноводства // Экологические проблемы Кубани. – 2006. – № – 32. – С. 185-188.
61. Гукалов В.Н., Белюченко И.С. Состав и структура агроландшафтной системы (на примере ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района) // Тр. // КубГАУ. – 2007. – № 7. – С. 106-111.

62. Гукалов В.Н., Попок Л.Б., Белюченко И.С. Динамика тяжелых металлов в почвенных слоях чернозема обыкновенного по годам и сезонам // Экол. Вестник Сев. Кавказа. –2010. – Т. 6. – № 3. – С. 28-60.
63. Даниелова И.И. Загрязнение объектов окружающей среды бенз(а)пиреном и свинцом под влиянием выбросов автотранспортного комплекса. // Экологическая химия. – 2001. – № 10 (1). – С. 50-56.
64. Кобецкая О.А., Белюченко И.С. Содержание тяжелых металлов в воде реки Кирпили // Тр. / КубГАУ, 2007. – № 6. – С. 100-103.
65. Клюев Н.А. Контроль суперэкоотоксикантов в окружающей среде и источники их появления // ЖАХ. – 1996. – Т.51. – №2. – С. 163-172.
66. Клюев Н.А., Бродский Е.С. Определение полихлорированных бифенилов в окружающей среде и биоте. Полихлорированные бифенилы. Супертоксиканты XXI века. Инф. выпуск № 5 ВИНТИ. – М., 2000. – С. 31-63. – ГОСТ 12.1.005-88.
67. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. М.: Химия. – 1996. 319 с.
68. Муравьев Е., Белюченко И.С., Петренко Д.В., Пономарева Ю.В. Оценка влияния отходов производства фосфорных удобрений на прилегающие ландшафты // Экологические проблемы Кубани. – 2006. – № 32. – С. 210-213.
69. Муравьев Е.И., Белюченко И.С. Влияние отходов химического производства на загрязнение окружающих ландшафтов // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2007. – Т. 3. – № 4. С. 77-87.
70. Муравьев Е.И., Белюченко И.С., Гукалов В.В., Мельник О.А. Влияние фосфогипса на развитие растений сахарной свеклы в степной зоне Краснодарского края // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2008. – Т. 4. – № 4. – С. 112-114.
71. Федоров Л.А. Диоксины как экологическая опасность: ретроспектива и перспектива. М.: Наука, 1993. – 265 с.
72. Яценко М.В., Белюченко И.С., Демченко М.М. Содержание никеля в ландшафтах степных рек Кубани // Экологические проблемы Кубани. – 2005. – № 30. – С. 23-26.
73. Яценко М.В., Белюченко И.С., Демченко М.М. Содержание железа в ландшафтах степных рек Кубани // Экологические проблемы Кубани. – 2005. – № 30. – С. 35-38.
74. Яценко М.В., Белюченко И.С., Баранова С.Б., Демченко М.М. Содержание ванадия в ландшафтах степных рек Кубани // Экологические проблемы Кубани. – 2005. – № 30. – С. 49-50.
75. Яценко М.В., Белюченко И.С., Демченко М.М., Пономарева Ю.В. Содержание стронция в ландшафтах степных рек Кубани // Экологические проблемы Кубани. – 2005. – № 30.– С. 31-32.
76. Яценко М.В., Белюченко И.С., Демченко М.М. Содержание титана в ландшафтах степных рек Кубани // Экологические проблемы Кубани. – 2005. – № 30. – С. 46-48.
77. Яценко М.В., Белюченко И.С., Двоглазов В.Н., Демченко М.М. Содержание хрома в ландшафтах степных рек Кубани // Экологические проблемы Кубани. – 2005. – № 30. – С. 39-40.

## REFERENCES

1. Alifirov M.D., Beljuchenko I.S., Bozina T.V., Voloshina G.V., Gukalov V.N., Demchenko M.M., Kobeckaja O.A., Mel'nik O.A., Murav'ev E.I., Petrenko D.V., Petuh Ju.Ju., Ponomareva Ju.V., Provizen E.V., Tkachenko L.N., Jacenko M.V. K voprosu o tehnologii pererabotki svinogo navoza v peregnoj i ego obogashhenie mikrojelementami // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2007. – Т. 3. – № 3. – S. 99.
2. Beljuchenko I.S. Vvedenie v obshhiju jekologiju: Uchebnoe posobie. – Krasnodar, 1997. – 544 s.
3. Beljuchenko I.S. K voprosu o haraktere razvitija jekosistem Kubani // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2000. – № 8. – S. 177-186.

4. Beljuchenko I.S., Perebora E.A., Nazar'ko M.D., Gorbatenko L.I., Mel'chenko A.I., Starzhinskaja I.S., Donec M.Ju., Mamas' N.N., Chalkin A.V. Antropogennaja transformacija pribrezhnyh sistem Chernogo morja (v granicah Krasnodarskogo kraja) // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2000. – № 5. – S. 35-63.
5. Beljuchenko I.S. Jevoljucionnaja jekologija: Uchebnoe posobie. – Krasnodar, 2001. – 504 s.
6. Beljuchenko I.S. Bassejn reki Kuban' - specificheskoe prirodnoe obrazovanie // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2001. – № 11. – S. 3-17.
7. Beljuchenko I.S., Perebora E.A., Nazar'ko M.D. Antropogennaja transformacija pribrezhnyh sistem Chjornogo morja // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2001. – № 5. – S. 35-164.
8. Beljuchenko I.S., Perebora E.A., Gukalov V.N. Fiziko-geograficheskaja harakteristika Leningradskogo rajona // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2002. – № 16. – 186 s.
9. Beljuchenko I.S., Vysockaja I.F., Gukalov V.N. Valovye i podvizhnye formy svinca v agrarnyh landshaftah Kubani // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2003. – № 20. – S. 100-200.
10. Beljuchenko I.S., Gukalov V.N. Problemy razvitija agrolandschaftnyh sistem v bogarnoj zone krasnodarskogo kraja // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2003. – № 21. – S. 7-281..
11. Beljuchenko I.S., Gukalov V.N., Vartanjanc E.A. Valovye i podvizhnye formy kadmija v agrolandshafte (na primere kolhoza «Zavety Il'icha» Leningradskogo rajona) // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2004. – № 24. – S. 87-182.
12. Beljuchenko I.S., Gukalov V.N. Problemy razvitija agrolandschaftnyh sistem v bogarnoj zone Krasnodarskogo kraja // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2004. – S. 7-281.
13. Beljuchenko I.S. K voprosu o specifichnosti rechnoj gidrologii Krasnodarskogo kraja // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2004. – № 26. – S. 5-9.
14. Beljuchenko I.S. Sezonnaja dinamika tjazhelyh metallov po gorizontam pochvy. Soobshhenie 2. Dinamika razlichnyh form kadmija v chernozeme obyknovennom // Jekologicheskie problemy Kubani.– 2004. – № 24. – S. 3-27.
15. Beljuchenko I.S., Mamas' N.N. Ocenka sostojanija rechnyh sistem stepnoj zony kraja i predlozhenija po uluchsheniju ih jekologicheskoj situacii // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2005. – № 30. – S. 198-206.
16. Beljuchenko I.S., Demchenko M.M., Sherstjuchenko Ja.V. Soderzhanie mysh'jaka v landshaftah stepnyh rek Kubani // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2005. – № 30. – S. 33-34.
17. Beljuchenko I.S. Jekologija Kubani. Krasnodar. – 2005. – Ch. II. – 470 s.
18. Beljuchenko I.S. Sovremennye problemy funkcionirovanija stepnyh rek // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2005. – № 27. – S. 164-183.
19. Beljuchenko I.S., Vartanjanc E.A., Demchenko M.M. Soderzhanie kadmija v landshaftah stepnyh rek // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2005. – № 30. – S. 51-57..
20. Beljuchenko I.S., Gukalov V.N. Soderzhanie svinca v landshaftah stepnyh rek Kubani // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2005. – № 30. – S. 19-22.
21. Beljuchenko I.S., Demchenko M.M. Soderzhanie marganca v landshaftah stepnyh rek Kubani // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2005. – № 30. – S. 41-45.
22. Beljuchenko I.S., Berezhnaja N.P., Demchenko M.M., Jacenko M.V. Soderzhanie medi v landshaftah stepnyh rek Kubani // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2005. – № 30. – S. 27-30.
23. Beljuchenko I.S., Gukalov V.N., Kurdjumova I.S. Ocenka urovnja zagryznenija vody reki Srednjaja Chelbaska organicheskimi soedinenijami i biogennymi jelementami v zone

- zhivotnovodcheskih kompleksov // *Jekologicheskie problemy Kubani.* – 2006. – № 32. – S. 14--152.
24. Beljuchenko I.S., Baranova S.B., Gromyko V.V. Ocenka vozdeystvija othodov zhivotnovodstva na prilegajushhie landshafty (Prikubanskij okrug g. Krasnodara) metodami himicheskogo analiza // *Jekologicheskie problemy Kubani.* – 2006. – № 32. – S. 237-267.
  25. Beljuchenko I.S., Gukalov V.N., Demchenko M.M., Ponomarjova Ju.V., Sherstjuchenko Ja.V., Jacenko M.V. Soderzhanie tjazhjoljyh metallov v pochvah landshaftov, prilegajushhijh k zhivotnovodcheskim kompleksam // *Jekologicheskie problemy Kubani.* – 2006. – № 32. – S. 106-111.
  26. Beljuchenko I.S., Filobok M.L. Dinamika sodержanija podvizhnogo i valovogo cinka v sisteme agrolandshafta // *Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza.* – 2006. – T. 2. – № 1. – S. 66-77.
  27. Beljuchenko I.S., Gromyko V.V., Gukalov V.N., Demchenko M.M. Soderzhanie marganca v kormah i biologicheskijh zhidkostjakh KRS v OAO «Zavety Il'icha» Leningradskogo rajona // *Jekologicheskie problemy Kubani.* – 2006. – № 32. – S. 52-55.
  28. Beljuchenko I.S., Gukalov V.N., Emchenko M.M. Soderzhanie tjazhelyh metallov v othodah zhivotnovodstva // *Jekologicheskie problemy Kubani.* – 2006. – № 32. – S. 47-51.
  29. Beljuchenko I.S., Gukalov V.N., Demchenko M.M. Stochnye vody zhivotnovodcheskih kompleksov kak potencial'nyj istochnik zagryznenija poverhnostnyh vod tjazhelymi metallami // *Jekologicheskie problemy Kubani.* – 2006. – № 32. – S. 102-104.
  30. Beljuchenko I.S., Nosalenko A.P., Ponomareva Ju.V. Tehnologija uskorenija pe-rerabotki zhidkogo svinogo navoza i vozmozhnosti ego ispol'zovanija v kachestve udobrenija // *Jekologicheskie problemy Kubani.* – 2007. – № 33. – S. 18-23.
  31. Beljuchenko I.S., Korunchikova V.V., Mamas' N.N., Sergeeva A.S., Suslova O.S. Jekologicheskoe sostojanie bassejna reki Pshada // *Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza.* – 2008. – T. 4. – № 3. – S. 23-45.
  32. Beljuchenko I.S., Gukalov V.V., Mel'nik O.A., Murav'ev E.I., Slavgorodskaja D.A. Vlijanie fosfogipsa na razvitie i produktivnost' rastenij podsolnechnika // *Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza.* – 2008. – T. 4. – № 4. – S. 115-117.
  33. Beljuchenko I.S., Dobrydnev E.P., Murav'ev E.I., Mel'nik O.A., Slavgorodskaja D.A., Tereshhenko E.V. Ispol'zovanie fosfogipsa dlja rekul'tivacii zagryzannjyh neft'ju pochv // *Tr. / KubGAU.* – 2008. – № 12. – S. 72-77.
  34. Beljuchenko I.S. Ispol'zovanie fosfogipsa dlja rekul'tivacii chernozema obyknoven-nogo v stepnoj zone Kubani // *V sb.: Problemy rekul'tivacii othodov byta, promysh-lennogo i sel'skohozjajstvennogo proizvodstva.* – Krasnodar, 2009. – S. 54-59.
  35. Beljuchenko I.S. Problemy rekul'tivacii othodov byta i proizvodstva (po materialam I vserossijskoj nauchnoj konferencii po problemam rekul'tivacii othodov) // *Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza.* – 2009. – T. 5. – № 3. – S. 72-78.
  36. Beljuchenko I.S. Jekologija Krasnodarskogo kraja (regional'naja jekologija). Uchebnoe posobie. – Krasnodar, 2010. – 354 s.
  37. Beljuchenko I.S. Rol' regional'nogo monitoringa v upravlenii prirodno-hozjajstvennymi sistemami kraja // *Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza.* – 2010. – T. 6. – № 4. – S. 3-16.
  38. Beljuchenko I.S. Jekologicheskoe sostojanie bassejnov stepnyh rek Kubani i perspektivy ih razvitija // *Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza.* – 2010. – T. 6. – № 2. – S. 5-16.
  39. Beljuchenko I.S. K voprosu o roli lesa v funkcional'nom vosstanovlenii bassejnov stepnyh rek kraja // *Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza.* – 2010. – T. 6. – № 3. – S. 3-14.
  40. Beljuchenko I.S. K voprosu o formirovanii i svojstvah organomineral'nyh kompostov i reakcii rastenij kukuruzy na ih vnesenie // *Jekol. vestnik Sev. Kavkaza.* – 2011. – T. 7. – № 4. – S. 65-74.

41. Beljuchenko I.S. Vvedenie v jekologicheskij monitoring: Uchebnoe posobie. – Krasnodar. – 2011. – 297 s.
42. Beljuchenko I.S. Jekologicheskie problemy stepnoj zony Kubani, prichiny ih vozniknovenija i puti reshenija // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2011. – T. 7. – № 3. – S. 47-64.
43. Beljuchenko I.S. Vvedenie v antropogennuju jekologiju. Krasnodar, 2011. – 265 s.
44. Beljuchenko I.S., Nikiforenko Ju.Ju. Vlijanie slozhnyh kompostov na svojstva pochvy i formirovanie pochvennoj bioty // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2012. – T. 8. – № 4. – S. 3-50.
45. Beljuchenko I.S. K voprosu o mehanizmah upravlenija razvitiem slozhnyh kompostov // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2012. – T. 8. – № 3. – S. 88-111.
46. Beljuchenko I.S. Slozhnyj kompost i ego rol' v uluchshenii pochv // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2012. – T. 8. – № 2. – S. 75-86.
47. Beljuchenko I.S., Berezhnaja V.P. Vlijanie osadkov stochnyh vod na plodorodie pochvy, razvitie ozimoj pshenicy i kachestvo ee zerna // Tr. / KubGAU. – 2012. – T. 1. – № 34. – S. 148-150.
48. Beljuchenko I.S. Ispol'zovanie othodov byta i proizvodstva dlja sozdanija slozhnyh kompostov s cel'ju povyshenija plodorodija pochv // Tr. /KubGAU, 2012. – T. 1. – № 38. – S. 68-72.
49. Beljuchenko I.S. Primenenie organicheskikh i mineral'nyh othodov dlja podgotovki slozhnyh kompostov s cel'ju povyshenija plodorodija pochv // Tr. /KubGAU. – 2012. – T. 1. – № 39. – S. 63-68.
50. Beljuchenko I.S., Zajcev S.V. Puti k snizheniju ob#joma othodov // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. 2013. – T. 9. – № 2. – S. 86-88.
51. Beljuchenko I.S., Mel'nik O.A. Snizhenie zagrjaznenija chernozemov tjazhelymi metallami // Tr. / KubGAU. – 2013. – T. 1. – № 43. – S. 52-54.
52. Beljuchenko I.S. Kolloidnye sistemy othodov raznyh proizvodstv i ih rol' v formirovanii slozhnogo komposta // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2013. – T. 93. – № 93 (03). – S. 787-811.
53. Beljuchenko I.S. Dispersnost' othodov i ih svojstva // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2013. – T. 92. – № 92 (02). – S. 221-230.
54. Beljuchenko I.S. Agregatnyj sostav slozhnyh kompostov // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2013. – T. 93. – № 93 (03). – S. 812-830.
55. Beljuchenko I.S. Dispersnye i kolloidnye sistemy othodov i ih koaguljacionnye svojstva // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2013. – T. 9. – № 1. – S. 13-38.
56. Beljuchenko I.S. Primenenie organicheskikh i mineral'nyh othodov pri podgotovke slozhnyh kompostov dlja povyshenija plodorodija pochv // V sb.: Problemy rekul'tivacii othodov byta, promyshlennogo i sel'skohozjajstvennogo proizvodstva (s uchastiem jekologov Azerbajdzhana, Belarusi, Germanii, Gruzii, Kazahstana, Rossii, Uzbekistana i Ukrainy). – Krasnodar. – 2013. – S. 26-30.
57. Pat. 2402079. Rossijskaja Federacija. MPK G09C 1/10, C122N. Sposob rekul'tivacii pochv, zagrjaznennyh neft'ju/ Beljuchenko I.S., Dobrydnev E.P., Murav'ev E.I., Mel'nik O.A., Tereshhenko E.V. Opubl. 11.08.08.
58. Pat. 2019947. Rossijskaja Federacija. Sposob sozdanija polidominantnyh pastbishh v kontinental'nyh subtropikah /Beljuchenko I.S.

59. Gukalov V.N., Beljuchenko I.S., Demchenko M.M. Dinamika valovogo i podvizhnogo mar-ganca v sisteme agrolandshafta // *Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza.* – 2005. – T. 2. – № 2. – S. 55-77.
60. Gukalov V.N., Tkachenko L.N., Beljuchenko I.S. Parazitologicheskij analiz othodov zhivotnovodstva // *Jekologicheskie problemy Kubani.* – 2006. – № 32. – S. 185-188.
61. Gukalov B.N., Beljuchenko I.S. Sostav i struktura agrolandshaftnoj sistemy (na pri-mere OAO «Zavety Il'icha» Leningradskogo rajona) // *Tr. // KubGAU.* – 2007. – № 7. – S. 106-111.
62. Gukalov V.N., Popok L.B., Beljuchenko I.S. Dinamika tjazhelyh metallov v pochvennyh slojah chernozema obyknovenogo po godam i sezonam // *Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza.* – 2010. – T. 6. – № 3. – S. 28-60.
63. Danielova I.I. Zagrjaznenie ob#ektov okruzhajushhej sredey benz(a)pirenom i svincom pod vlijaniem vybrosov avtotransportnogo kompleksa. // *Jekologicheskaja himija.* – 2001. – № 10 (1). – S. 50-56.
64. Kobeckaja O.A., Beljuchenko I.S. Soderzhanie tjazhelyh metallov v vode reki Kirpili // *Tr. / KubGAU,* 2007. – № 6. – S. 100-103.
65. Kljuev N.A. Kontrol' superjekotoksikantov v okruzhajushhej srede i istochniki ih pojavlenija // *ZhAH.* – 1996. – T.51. – №2. – С. 163-172.
66. Kljuev N.A., Brodskij E.S. Opredelenie polihlorirovannyh bifenilov v okruzhaju-shhej srede i biote. Polihlorirovannye bifenily. Supertoksikanty XXI veka. Inf. vypusk № 5 VINITI. – M., 2000. – S. 31-63. – GOST 12.1.005-88.
67. Majstrenko V.N., Hamitov R.Z., Budnikov G.K. Jekologo-analiticheskij monitoring supertoksikantov. M.: Himija. – 1996. 319 s.
68. Murav'ev E., Beljuchenko I.S., Petrenko D.V., Ponomareva Ju.V. Ocenka vlijanija othodov proizvodstva fosfornyh udobrenij na priliegajushhie landshafty // *Jekologicheskie problemy Kubani.* – 2006. – № 32. – S. 210-213.
69. Murav'ev E.I., Beljuchenko I.S. Vlijanie othodov himicheskogo proizvodstva na zagrjaznenie okruzhajushhih landshaftov // *Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza.* – 2007. – T. 3. – № 4. S. 77-87.
70. Murav'ev E.I., Beljuchenko I.S., Gukalov V.V., Mel'nik O.A. Vlijanie fosfogipsa na razvitie rastenij saharnoj svekly v stepnoj zone Krasnodarskogo kraja // *Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza.* – 2008. – T. 4. – № 4. – S. 112-114.
71. Fedorov L.A. Dioksiny kak jekologicheskaja opasnost': retrospektiva i perspektiva. M.: Nauka, 1993. – 265 s.
72. Jacenko M.V., Beljuchenko I.S., Demchenko M.M. Soderzhanie nikelja v landshaftah step-nyh rek Kubani // *Jekologicheskie problemy Kubani.* – 2005. – № 30. – S. 23-26.
73. Jacenko M.V., Beljuchenko I.S., Demchenko M.M. Soderzhanie zheleza v landshaftah step-nyh rek Kubani // *Jekologicheskie problemy Kubani.* – 2005. – № 30. – S. 35-38.
74. Jacenko M.V., Beljuchenko I.S., Baranova S.B., Demchenko M.M. Soderzhanie vanadija v landshaftah stepnyh rek Kubani // *Jekologicheskie problemy Kubani.* – 2005. – № 30. – S. 49-50.
75. Jacenko M.V., Beljuchenko I.S., Demchenko M.M., Ponomareva Ju.V. Soderzhanie stroncija v landshaftah stepnyh rek Kubani // *Jekologicheskie problemy Kubani.* – 2005. – № 30.– S. 31-32.
76. Jacenko M.V., Beljuchenko I.S., Demchenko M.M. Soderzhanie titana v landshaftah step-nyh rek Kubani // *Jekologicheskie problemy Kubani.* – 2005. – № 30. – S. 46-48.
77. Jacenko M.V., Beljuchenko I.S., Dvoeglazov V.N., Demchenko M.M. Soderzhanie hroma v landshaftah stepnyh rek Kubani // *Jekologicheskie problemy Kubani.* – 2005. – № 30. – S. 39-40.