

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ И НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПИЩЕВОЙ ЦЕПИ «ПОЧВА-ТРАВА-ПЧЕЛЫ-МЕД» НА ПРИМЕРЕ АЛТАЯ

FEATURES OF TRANSFER AND ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN THE FOOD CHAIN “SOIL–GRASS–BEES–HONEY” ON THE EXAMPLE OF ALTAY

N. Shmakova
N. Khudyakova
O. Safonova
S. Petynina
L. Konokpoeva

Summary. The article presents the results of monitoring the migration of heavy metals (Zn, Cd, Pb, Cu) in the food chain “soil — grass — bees — honey”. The research was carried out in the Altai Territory in the middle and low mountains. The data allow us to conclude that there is a small degree of pollution of environmental objects (soil, grass, beekeeping products), and, as a consequence, the ecological safety of honey; to conduct a correlation between the content of heavy metals in natural objects and the content of heavy metals in honey obtained from bees of the European breed, whose apiaries are located in these regions.

Keywords: heavy metals, food chains, beekeeping products, monitoring, honey, environment, midlands, low mountains, chromium, cadmium, copper, lead.

Шмакова Наталья Юрьевна

Горно-Алтайский государственный университет
Nataliashmakova1998@gmail.com

Худякова Надежда Ефремовна

К.б.н., доцент, Горно-Алтайский государственный университет
Nch752@bk.ru

Сафонова Оксана Владимировна

К.с.-х.н., доцент, Горно-Алтайский государственный университет
oksvarias@mail.ru

Петунина Светлана Сергеевна

Горно-Алтайский государственный университет
petunina-sveta@mail.ru

Конокпоева Любовь Александровна

Горно-Алтайский государственный университет
konokpoeva92@gmail.com

Аннотация. В статье приведены результаты мониторинга миграций тяжелых металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в пищевой цепи «почва — трава — пчелы — мед». Исследования проводились в Алтайском крае среднегорье и низкогорье. Данные позволяют сделать вывод о небольшой степени загрязненности объектов окружающей среды (почвы, травы, продуктов пчеловодства), и, как следствие, экологической безопасности меда; провести корреляцию между содержанием тяжелых металлов в природных объектах и содержанием тяжелых металлов в меде, полученном от пчел европейской породы, пасеки которых расположены в указанных регионах.

Ключевые слова: тяжелые металлы, цепи питания, продукция пчеловодства, мониторинг, мед, окружающая среда, среднегорье, низкогорье, хром, кадмий, медь, свинец.

Введение

В настоящее время к качеству продовольственного сырья и пищевых продуктов предъявляют строгие требования. Определённую опасность для здоровья человека представляют тяжелые металлы. В условиях интенсивного развития промышленности, транспортной инфраструктуры и сельского хозяйства концентрация тяжелых металлов в почве, воде, воздухе, может в десятки раз превышает допустимые уровни.

В условиях Алтая пчеловодство — одна из интереснейших и полезнейших отраслей сельского хозяйства, в которой в последнее время все больше самозаня-

того населения. Среди всех продуктов пчеловодства, к которым относятся мёд, воск, прополис, маточное молочко, цветочная пыльца, пчелиный я, именно мёд занимает особое место. Мёд, производимый пчелами — не только вкусный, но и полезный, целебный продукт. Эти особенности мёда обеспечили его широкое применение в жизни человека. Соответственно, в настоящее время, особо актуальным становится вопрос о безопасности такого широко применяемого продукта. Мед как продукт пчеловодства, является конечным компонентом передачи элементов в системе «почва — растительность — пчелы — мед», тем самым может накапливать в себе химические соединения из окружающей среды.

Горы Алтая считаются экологически чистым регионом России, производимая здесь продукция пчеловодства высоко ценится из-за своих вкусовых качеств. Это и определяет необходимость выявления безопасности данного продукта в том числе и с точки зрения накопления в нем тяжелых металлов. Начальным звеном исследуемой системы является почва, которая аккумулирует в себе загрязнители, следующее звено — растения (как продовольственные, так и кормовые культуры), далее насекомые, и последующим этапом является продукция пчеловодства. Одна часть солей тяжелых металлов, пройдя этот сложный путь, на различных технологических этапах производства и переработки претерпевает существенные изменения, другая часть попадает в организм животного и человека в неизменном виде, вызывая необратимые явления в органах и тканях и способствует появлению различных болезней [1].

Материал и методы

В основу данной работы положены материалы, собранные в течении двух лет с 2018 по 2020 год, в условиях среднегорья (Солонешинский район) и низкогорья (Смоленский район) Алтайского края. Для среднегорий характерно расположение на хребтах Башелакский и Ануйский. Рельеф базальтовый на вершинах и склонах встречаются выходы — останцы и россыпи камней. Климат резко континентальный, хотя в целом считается комфортным. Почвы места расположения изучаемых пчелосек характеризуются как горные чернозёмы, могут быть выщелоченными и оподзоленными. Растительность довольно богата по видовому разнообразию. Основной растительный состав трав мёдоносов, которые дают основной весенний взятки для пчёл: мать-мачеха, акация желтая, ивы, стародубка, кандык, одуванчик, таволга, клубника, волчье лыко, ветреница, медуница, хохлатка лекарственная и другие. Основой для летнего медосбора являются синяк, дягель, клеверы, кипрей, шалфей кольчатый, душица, донник, татарники, эспарцет, чипа луговая, горошки, донники, серпухи, осоты, гравилат речной и многие другие травы. Из кустарников — смородина, малина, барбарис сибирский, жимолость татарская, ежевика.

В условиях низкогорья преобладает холмистый тип рельефа. Климат умеренно континентальный, комфортный с теплым летом, без невыносимой жары, с достаточным увлажнением и умеренно морозной зимой. Лесная растительность занимает верхнюю ступень рельефа и богата по видовому разнообразию. Большое разнообразие лекарственных трав и основными мёдоносими являются — донник, клевер белый, душица, василёк шероховатый, синяк, татарники, осоты, герань луговая. В зеленых местах главный источник медосбора это —

дягель, сныть, кипрей, лесная малина, серпухи, шалфей, осоты

Исследование проводилось на одинаковом количестве пчелиных семей. Несмотря на различные экологические условия, в которых расположены пасеки, для пчёл созданы одинаковые условия проживания. Для проведения химического анализа использовалась стандартная пробоподготовка (масса навески составляла 1 г.) для минерализатора.

Результаты и обсуждение

В литературе понятие «тяжёлые металлы» (ТМ) было введено немецким химиком Л. Гмелиным в 1817 году. Термин «тяжелые металлы» в настоящее время характеризуется с природоохранной деятельностью и в основном связан с проявлением токсичности, и опасности для живых организмов [2]. В основном, это связано с концентрацией данных металлов в природной среде. При высокой (избыточной) концентрации металла, когда он рассматривается как токсичное вещество, используется понятие «тяжелый металл», если он содержится в небольших количествах или при дефиците, его относят к микроэлементам. Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что термины микроэлементы и тяжелые металлы связаны в большинстве своем с экологической обстановкой региона. Многочисленными отечественными и зарубежными исследованиями установлено: «влияние металлов весьма разнообразно и зависит от содержания в окружающей среде и степени необходимости в них микроорганизмов, растений, животных и человека» [3].

Токсичное действие тяжелых металлов начинает действовать, только при высоком уровне антропогенного загрязнения ими почв и зависит от физико-химических свойств и способов миграции конкретного металла.

Существуют ряд наборов тяжелых металлов или микроэлементов, действие которых проявляют синергизм и антагонизм, поэтому следует рассматривать суммарный токсикологический эффект их влияния и взаимного воздействия на все природные системы. Влияние тяжелых металлов на систему почва — растительность — пчела — мёд разнообразно, во-первых, это обусловлено химическими особенностями самих металлов, во-вторых, физиологическим действием на живые организмы и, в-третьих, экзогенными и эндогенными условиями окружающей среды [4].

В лаборатории ГАГУ был проведен химический анализ на наличие тяжелых металлов в почве, растениях подморе и мёде были обнаружены следующие микроэлементы: Cu, Pb, Cd, Cr.

Таблица 1. Содержание меди в цепи «почва — трава — пчелы — мед» в различных экологических условиях

Элемент цепи питания	Низкогорье	Среднегорье
Мёд	14.7800	17.1620
Пчелы	2.24720	6.42780
Растения	3.32990	3.41590
Почва	42.4370	68.4120

Медь (Cu) является необходимым питательным веществом в любой природной системе. В растениях медь необходима для процессов фотосинтеза, дыхания и азотификации. Дефицит меди у растений проявляется в замедлении, а впоследствии связан с прекращением образования репродуктивных органов, снижением устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды [5].

Физиологический эффект меди обусловлен тем, что она входит в состав ряда ферментов-оксидаз. В организме взрослого человека половина общего количества меди содержится в мышцах и костях, а в печени — только одна десятая. Существует физиологический антагонизм меди с рядом микроэлементов (Mo, Mn, Zn, Pb, Sr, Ca, Ag), избыток этих элементов, вызывает дефицит. В следствии может наблюдаться анемия, снижение интенсивности роста, потеря живой массы, возможно возникновение артрита и эндемического зоба. Чрезмерное поглощение меди человеком приводит к болезни Вильсона, при которой избыток элемента откладывается в тканях мозга, коже, печени, поджелудочной железе и миокарде [6]. В почках медь выполняет функцию слабо переходящим элементом, хотя содержание подвижной формы бывает очень высоким.

При передаче меди по данным пищевым цепям наблюдается резкое снижение ее концентрации, при переходе из почвы в растительность (таблица 1). Однако, в условиях низкогорья содержание данного элемента продолжает снижаться в пчелах, в то время как в среднегорьях наблюдается ее накопление в подморе пчел. В дальнейшем происходит аккумуляция меди в мёде на изученных пасаках. Исходя из полученных данных, отраженных в таблице 1, можно сделать вывод, что ПДК содержания меди в продукте пчеловодства не превышено ни в одной из проб.

Кадмий (Cd) как токсичный элемент, стал привлекать внимание не так давно, основные проблемы поступления его, обусловлены антропогенным загрязнением окружающей среды и непосредственно токсич-

ностью данного элемента для живых организмов. Если рассматривать кадмий в ряду $Cd - V - Si - Sn - F$ как микроэлемент, то в не больших концентрациях он способен стимулировать рост у некоторых животных [7].

Для растений токсичность кадмия связана с нарушением ферментативной активности, ингибированием фотосинтеза и скоростью транспирации. Токсичность растений выражается в задержке роста, повреждении корневой системы и заболеваниях листьев. По данным фитотоксичности в серии тяжелые металлы кадмий накапливается в растениях преимущественно $Cd > Cu > Zn > Pb$.

Токсикологическое действие кадмия влияет на активность ферментов, прерывает всасывание и метаболизм ряда биогенных элементов (Zn, Cu, Se, Fe), что обуславливает его дефицит в живом организме. Избыток Cd тормозит синтез ДНК, белков и нуклеиновых кислот. Обмен кадмия в организме характеризуется следующими характеристиками; длительным удержанием в организме, периодом полувыведения, концентрирование его происходит в печени и почках. Хроническое воздействие кадмия приводит к нарушениям в организме человека некоторых функции: почечной, легочной недостаточности, остеопороза, анемии и потере обоняния. При длительном воздействии на организм солей кадмия наблюдается хроническое отравление и сопровождается тяжелой формой изменения скелета и отмечается «размягчение» костей сопровождаемые частыми переломами даже при кашле, нарушением функции поджелудочной железы, гипохромная анемия, дисфункция почек и другие.

Загрязнение кадмием почвенного покрова считается одним из самых опасных явлений окружающей среды, поскольку оно накапливается у растений выше нормы даже при незначительном загрязнении почвы [8].

Содержание кадмия в изученных образцах незначительно и не превышает ПДК (таблица 2). В исследованных образцах наблюдается довольно резкое снижение

Таблица 2. Содержание кадмия в системе «почва — трава — пчелы — мед» в различных экологических условиях

Элемент цепи питания	Низкогорье	Среднегорье
Мёд	0.04854	0.06719
Пчелы	0.00962	0.02666
Растения	0.06421	0.05894
Почва	0.15896	0.08857

Таблица 3. Содержание свинца в системе «почва — трава — пчелы — мед» в различных экологических условиях

Элемент цепи питания	Низкогорье	Среднегорье
Мёд	1.55690	0.06537
Пчелы	0.42529	0.91657
Растения	1.77620	1.01510
Почва	1.10330	13.5820

Таблица 4. Содержание хрома в системе «почва — трава — пчелы — мед» в различных экологических условиях

Элемент цепи питания	Низкогорье	Среднегорье
Мёд	22.2540	29.9500
Подмор	0.54033	1.55500
Растения	1.26000	1.73450
Почва	63.0290	32.3230

концентрации данного элемента при передаче по системе: почва — растительность — пчелы. При этом, содержание его в почвах в условиях низкогорья выше, чем в среднегорье. В то же время, уже в подморе пчел концентрации кадмия выше в условиях среднегорья.

При переходе от пчелы к мёду, как к продукту ее жизнедеятельности, наблюдается увеличение концентрации кадмия в несколько раз.

Свинец (Pb) в литературных источниках приводят данные о биологической роли свинца, в ряде работ: «Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология», «Минеральные вещества в кормлении животных». Предельно допустимая норма свинца имеет положительное влияние на растения. При избытке свинец оказывает негативное влияние на растения, блокирует дыхание, замедляет процесс фотосинтеза, поступление свинца в растения напрямую зависит от со-

держания в почве. Наличие свинца в почве является причиной снижения поступления таких элементов как: Zn, Ca, P, S в результате происходит уменьшение урожайности и качественного состава растительной продукции. Визуально негативное воздействие свинца можно определить по внешнему виду растений: скручивания старых листьев, чахлой листвы и др. Предельно допустимая концентрация в почве в литературных источниках составляет до 10 мг/кг сухого вещества [9].

Все растворимые соединения свинца ядовиты и при сравнении с другими тяжёлыми металлами он более подвижен. В основном на степень подвижности данного элемента влияет тип почвы. Подвижный свинец имеет свойства связываться в комплексы с органическими веществами, при больших значениях pH свинец в почве проявляется химическими соединениями (гидроксида, фосфата, карбоната) и в виде свинецорганических комплексов [10].

Изменение концентрации свинца в системе «почва — трава — пчелы — мед» в различных экологических условиях происходит неодинаково. Содержание данного тяжелого металла в почвах низкогорий значительно ниже, чем в условиях среднегорья (таблица 3). На пасеках низкогорья концентрация свинца при переходе из почвы в растительность меняется незначительно, а в пчелах резко сокращается. В мёде же наблюдается накопление свинца, не превышающее ПДК. Совершенно иная картина наблюдается в условиях среднегорья, где в почвах обнаружено достаточно большое содержание данного элемента. При передаче свинца в данных условиях в системе почва — растительность — пчелы — мёд наблюдается вначале резкое, а затем постепенное снижение его концентрации.

Хром (Cr) — является одним из жизненно важных элементов для живых организмов. Его основными функциями являются взаимодействие с инсулином в обмене углеводов, участие в структуре и функции нуклеиновых кислот и щитовидной железы. Избыточное значение хрома вызывает поражения кожи (дерматит, язвы), проявления слизистых оболочек, пневмосклероз и многое другое. Если в растениях не хватает хрома, то положительно влияет добавление помощью доступных форм, симптомы токсичности можно увидеть визуально, наблюдается снижение роста растений, увядание надземных частей и разрушение системы недвижимости. Превышение хрома в растениях приводит к снижению других физиологически важных элементов, таких как К, Р, Fe, Mn, Cu, В [11].

Содержание хрома в почве на разных территориях различаются. В отличие от свинца, концентрация данного тяжелого металла в почве больше в условиях низкогорья. Вместе с тем, вне зависимости от условий местности при переходе хрома в системе почва — трава — пчелы — мед наблюдается сначала резкое (при переходе из почвы в растительность), затем незначительное (при переходе от растений к пчелам) снижение его концентрации. При этом следует отметить, что именно для хрома обнаружено наибольшее увеличение концентрации в мёде по сравнению с пчелами. Следовательно, исследование меда на содержание данного элемента может быть в дальнейшем достаточно актуально

В условиях Алтая накопление хрома в продуктах пчеловодства находится в пределах ПДК.

При загрязнении почв тяжёлыми металлами происходит значительное изменение в жизнедеятельности обитающих в почве микроорганизмов. В свою очередь от населяющих микроорганизмов напрямую зависит скорость самоочищения почвы от загрязнителей.

В почвах, где содержание тяжелых металлов превышает предельно допустимую концентрацию, приводит к тому, что ферментативная и биохимическая активность снижается в несколько раз, происходит торможение и гибель микробиоты [12].

Заключение

Превышающих предельно допустимую концентрацию тяжелых металлов в почве, растительности, подморе и мёде на территории расположения мест наших исследований обнаружено не было.

Из приведенных выше таблиц видно, что наиболее подвержено накоплению в почве мёде в среднегорье показатель которой составил 68.4120 мг/кг сухой массы, показатели содержания свинца (13.5820) так же превышает в среднегорье, значение кадмия (0.15896) и хрома (63.0290) выше в низкогорье.

В растительности на наличие тяжёлых металлов все показатели кроме содержания Cd превышают в среднегорье. В подморе наиболее подвержены накоплению тяжёлыми металлами местность среднегорья на такие элементы как Cu, Pb, Cd, но показатель Cr в среднем выше в низкогорье.

Количество концентрации тяжелых металлов — Cu, Cd, Cr выше в среднегорье, но Pb больше в низкогорье.

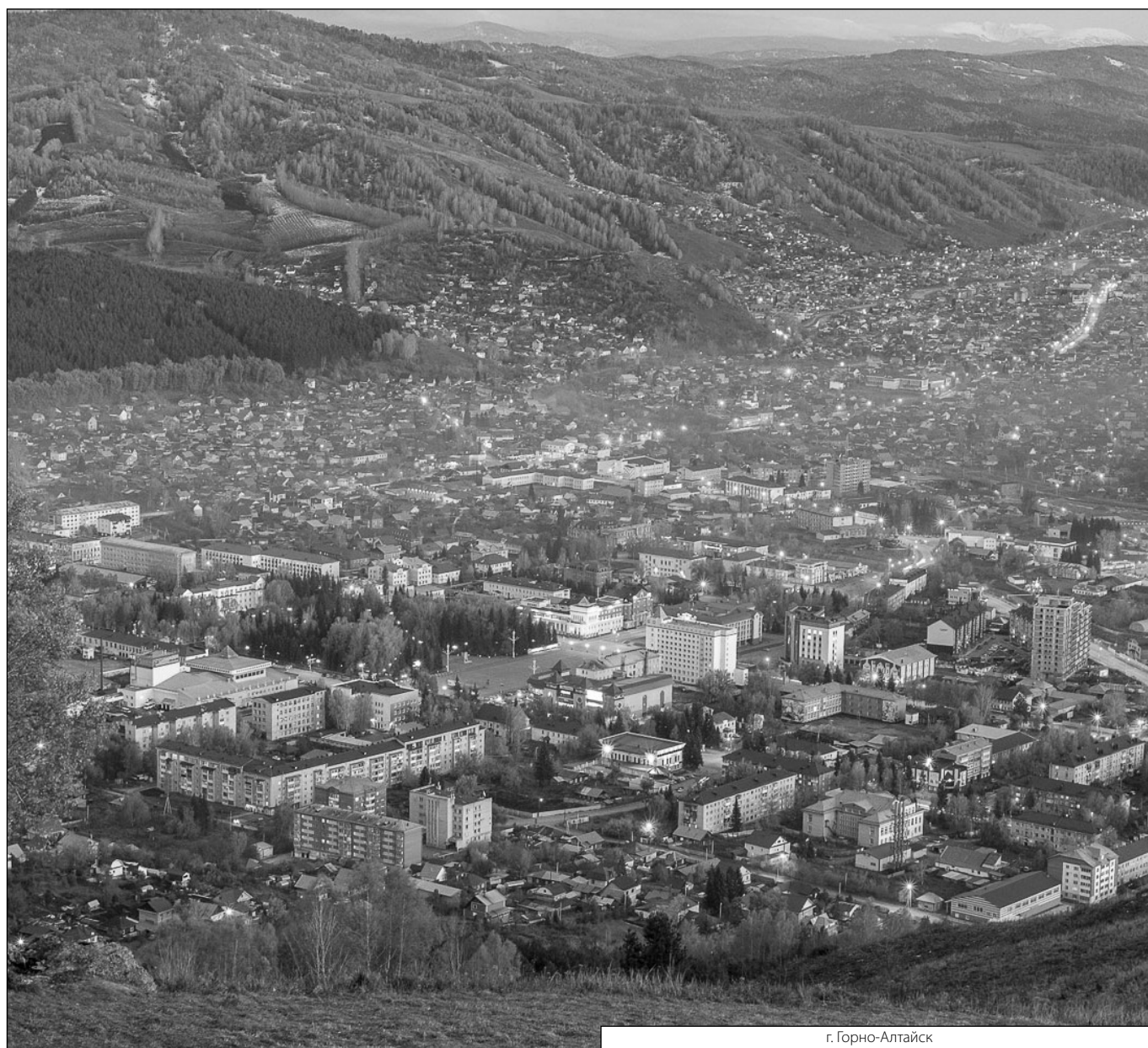
Таким образом, в результате исследования выявлено, что наличие тяжёлых металлов в почве, растительности, подморе и мёде не превышает предельно допустимой концентрации, это свидетельствует о том, что мед, произведенный на данной территории экологически чист по содержанию тяжелых металлов и его можно употреблять в пищу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горлов И.Ф. Оценка респираторного пути поступления экотоксикантов в организм сельскохозяйственных животных [Текст] / И.Ф. Горлов, В.М. Шишкунов // Молочное и мясное скотоводство — 2010. — № 7. — С. 25–27.
2. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва — растения / В.Б. Ильин. — М.: 1991. — 365 с.
3. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах / Ю.В. Алексеев. — М.: 1987. — 283 с.
4. Минеев В.Г. Тяжелые металлы и окружающая среда в условиях современной интенсивной химизации / В.Г. Минеев, А.И. Гришина. — М.: Агрохимия, — 1981. — 146–154 с.

5. European honey bee [Электронный ресурс]. — URL: http://entnemdept.ufl.edu/creatures/MISC/BEES/euro_honey_bee.htm (Дата обращения 04.03.2021)
6. Осипов А.И. Алексеев Ю.В. Биологические приемы снижения загрязнения растений тяжелыми металлами / А.И. Осипов, Ю.В. Алексеев. — М.: 1996. — 4–5 с.
7. Авцын П.А. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / П.А. Авцын. — М.: 1991. — 23 с.
8. Овчаренко, М.М Факторы почвенного плодородия и загрязнение продукции тяжелыми металлами / М. М Овчаров. — М.: 1998. — 56 с.
9. Овчаренко М.М. Влияние известкования и уровня реакции среды в почве на поступление в растения тяжелых металлов /М.М. Овчаренко, И.А. Шильников. — М.: Агрохимия,1996. — 25–30 с.
10. Методы почвенной микробиологии и биохимии: Учеб. пособие / Под ред. Д.Г. Звягинцева. — М.: Изд-во МГУ, 1991. — 304 с.
11. Рассел Д. Кадмий / Д. Рассел. — М.: Книга по Требованию, 2012. — 213 с.
12. Краснокутская О.Н. Хром в объектах окружающей среды / О.Н. Краснокутская. — М.: Колос, 1990. — 84 с.

© Шмакова Наталья Юрьевна (Nataliashmakova1998@gmail.com), Худякова Надежда Ефремовна (Nch752@bk.ru),
Сафонова Оксана Владимировна (oksvarias@mail.ru),
Петунина Светлана Сергеевна (petunina-sveta@mail.ru), Конокроева Любовь Александровна (konokroeva92@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Горно-Алтайск