

*T. A. Роева*  
*C. M. Мотылёва*

**ВЛИЯНИЕ МЕЛИОРАНТОВ И МЕТЕОУСЛОВИЙ  
НА ПОСТУПЛЕНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЯГОДЫ СМОРОДИНЫ ЧЁРНОЙ**

УДК 631.81:643.1:632.15

**Аннотация**

В полевом опыте на серой лесной среднесуглинистой почве изучалось влияние извести в дозе 2 т/га и цеолитсодержащей породы в дозах 3...24 т/га на содержание Pb, Ni, Zn, Cu и Fe в ягодах смородины черной. Валовое содержание тяжелых металлов в почве опытного участка превышало фоновый уровень в 2...6 раз, содержание подвижных форм тяжелых металлов было ниже ПДК. Изучение проводилось в контрастные по метеоусловиям годы: 2006 год был влажным, 2007 – засушливым и жарким. Установлено, что поступление тяжелых металлов в ягоды смородины черной зависит от генетических особенностей растений, физиологической значимости элемента для растения, вида и дозы мелиоранта, погодных условий периодов вегетации. Внесение цеолитсодержащей породы не влияло на содержание Pb в ягодах и изменяло содержание Ni, Cu, Zn и Fe. Известкование приводило к увеличению содержания Pb, снижало накопление Cu, Zn и Fe и не влияло на содержание Ni. В засушливый период в ягодах наиболее интенсивно накапливались Ni, Zn и Fe. Содержание Pb и Cu в ягодах было стабильным по годам и не зависело от метеоусловий.

**Ключевые слова:** смородина чёрная, тяжёлые металлы, цеолитсодержащая порода, известь, метеоусловия.

*T. A. Roeva*  
*S. M. Motyleva*

**EFFECT OF ZEOLITE CONTAINING ROCKS AND WEATHER CONDITIONS  
ON HEAVY METAL INCOME IN BLACK CURRANT BERRIES**

**Abstract**

The effect of the application of lime (2 t/ha) and zeolite containing rock (3...24 t/ha) on the contents of Pb, Ni, Zn, Cu and Fe in black currant berries was studied in the field experiment on the grey forest moderately loamy soil. The gross content of heavy metals in the soil of the plot exceeded the background level by 2...6 times; the content of mobile heavy metals was lower than

maximum admissible concentration. The study was conducted in years contrasting according to weather conditions: it was wet in 2006, and hot and droughty in 2007. It was determined that heavy metal income in black currant berries depended on the genetic features of plants, physiological significance of the element for plants, dose of the zeolite containing rock, and weather conditions of the vegetation periods. The application of the zeolite containing rock did not have an influence on Pb contents in berries and changed the contents of Ni, Cu, Zn and Fe. The liming led to Pb content increasing, reduced Cu, Zn and Fe accumulation and did not affect the content of Ni. The contents of Ni, Zn and Fe were accumulated most intensively in berries during the drought period. The contents of Pb and Cu in berries were steady by years and did not depend on the weather conditions.

**Key words:** black currant, heavy metals, zeolite containing rock, lime, weather conditions.

### Введение

Среди ягодных культур, возделываемых в Средней полосе России, смородина черная занимает ведущее место. Успех развития этой культуры объясняется лечебно-диетическими качествами ягод, скороспелостью, урожайностью, зимостойкостью, возможностью механизации почти всех процессов ухода за растениями, включая комбайновый сбор урожая. Ягоды смородины черной богаты витаминами и ценными питательными веществами. Но наряду с лечебными свойствами ягод, в них могут накапливаться и тяжелые металлы (ТМ), опасные для здоровья человека.

Источником поступления ТМ в растения является, преимущественно, почва. Подвижность ТМ в почве зависит от многих факторов: прочности связи соединений с твердой фазой почвы, физико-химических свойств металлов, агротехнических приемов. Поступление ТМ в растения очень изменчиво и зависит от генетических особенностей растений, почвенных и климатических условий. Наиболее значимыми способами повысить устойчивость почв к загрязнению ТМ, является увеличение их поглотительной способности и рН за счет внесения мелиорантов, таких как цеолиты и известь. В научной литературе есть большое количество данных о влиянии цеолитов различных месторождений и известкования на доступность ТМ растениям, но объектами этих исследований являются, как правило, однолетние растения. Плодовые и ягодные культуры в этом плане изучены недостаточно [2, 4, 5, 9, 11].

Значительное влияние на состояние ТМ в почве и доступность их растениям оказывают внешние факторы окружающей среды. Температура и количество осадков определяют влажность почвы и оказывают существенное влияние на многие протекающие в ней процессы. От

температуры почвы зависит реакционная способность всех компонентов почв, связывающих и преобразующих ТМ, процессы растворения-осаждения соединений ТМ, сорбции-десорбции катионов компонентами ППК. В почвах при увлажнении ускоряются восстановительные и замедляются окислительные процессы, что способствует более высокой подвижности ТМ. По данным И.О.Плехановой [8], ТМ можно разделить на 3 группы: 1) металлы, относящиеся к семейству Fe, состояние которых, в основном, определяется условиями увлажнения почв, интенсивностью развития восстановительных процессов и состоянием соединений Fe и Mn, как основных сорбционных комплексов, с которыми эти элементы тесно связаны – это Co и Ni; 2) металлы, состояние которых зависит от режима увлажнения почв и окислительно-восстановительных условий, тесно связаны с органическим веществом и соединениями Fe и Mn. К этой группе относятся Cu и Pb; 3) металлы, состояние которых не зависит от режима увлажнения почв, характеризуются слабым сродством с соединениями Fe и Mn и органическими соединениями – Zn и Cd.

Н.С. Остапенко [7] установлено, что, при загрязнении дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы сульфатами Zn и Cu до 5 ПДК, уменьшение температуры почвы на 10<sup>0</sup>C и увеличение влажности от 65 до 100% ППВ, приводит к увеличению содержания подвижных (в вытяжке ацетатно-аммонийным буфером) и кислоторастворимых (1н HCl) форм Zn и Cu. Количество подвижных форм Cu и Zn возросло в 2,2...2,5 раза, а кислоторастворимых – в 1,8...4,0 раза соответственно.

Цель наших исследований – в реальных условиях полевого опыта изучить влияние цеолитсодержащей породы, извести и метеоусловий вегетационных периодов на поступление Pb, Ni, Zn, Fe, Cu в ягоды смородины черной.

### **Место проведения, объекты исследования**

Исследования проводились в лаборатории агроэкологии ГНУ ВНИИ селекции плодовых культур. Объектом исследования являлась агроэкосистема полевого опыта со смородиной черной сорта Кипиана. Почва опытного участка – серая лесная среднесуглинистая. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка: рН<sub>KCl</sub> 5,4±0,15, содержание подвижного фосфора 43,78±3,7, обменного калия 29,7±5,3 мг/100 г почвы, сумма поглощенных оснований 19,01±4,7 мг-экв/100г почвы, Ca<sup>2+</sup> 15,7±0,4мг-экв/100 г почвы, Mg<sup>2+</sup> 5,8±0,5мг-экв/100 г почвы, содержание гумуса 3,7±0,14 %.

Валовое содержание ТМ в почве опытного участка: Pb – 26, Ni – 29, Zn – 42, Cu – 72 мг/кг почвы, что превышает регионально-фоновую концентрацию, установленную для серых лесных почв Орловской области, Pb и Ni – в 2 раза, Zn – в 3 раза, Cu – в 6 раз

Валовое содержание Cu превышает ОДК (доп. №1 к пер. ПДК и ОДК № 6229-91). Содержание подвижных форм ТМ в почве опытного участка: Pb  $0,08 \pm 0,01$ ; Ni  $0,28 \pm 0,03$ ; Cu  $0,56 \pm 0,09$ ; Zn  $15,03 \pm 1,9$  мг/кг почвы.

Схема опыта включала следующие варианты: 1) контроль (без мелиорантов); 2) цеолитсодержащая порода (ЦСП) 3 т/га; 3) ЦСП 8 т/га; 4) ЦСП 16 т/га; 5) ЦСП 24 т/га; 6) известь 2 т/га. Опыт заложен в 4х-кратной повторности. Расположение вариантов по делянкам рендомизированное. ЦСП вносили однократно при посадке в слой почвы 0...20 см. На всех вариантах фоном вносились  $N_{90}P_{90}K_{90}$  в виде двойного суперфосфата, сернокислого калия, аммиачной селитры. Схема посадки  $0,7 \times 3,0$  м. Площадь делянки  $14 \text{ м}^2$ .

В опыте была использована ЦСП Хотынецкого месторождения Орловской области со следующим минералогическим составом: клиноптилолит 34%, морденит 4%, кристобаллит 28%, кальцит 5%, монтмориллонит 12%, слюда 1%, кварц 16%. Размер частиц мелиоранта –  $0,01 \dots 0,005$  мм.

### Методика исследований

Содержание ТМ в растительных пробах определялось методом высокоэффективной жидкостной хроматографии по МУК 4.1.053-96; содержание подвижных форм ТМ в почве – в вытяжке ацетат-аммонийным буфером с рН 4,8 методом высокоэффективной жидкостной хроматографии; валовое содержание ТМ в почве – рентгенфлуоресцентным методом.

### Результаты исследований

Вегетационные периоды 2006 и 2007 гг. были резко контрастными по метеоусловиям (таблица 1).

Таблица 1 – Метеоусловия вегетационных периодов 2006...2007 гг.

Месяц	Среднемесячная температура, °С			Среднемесячное количество осадков, мм		
	Годы		среднемноголетняя	Годы		среднемноголетнее
	2006	2007		2006	2007	
V	11,8	15,0	13,0	38,05	15,95	36,4
VI	18,0	18,0	16,9	88,45	27,7	65,1
VII	17,6	18,4	18,5	65,85	52,6	88,0
VIII	17,4	19,8	17,1	125,2	16,2	65,7

Вегетационный период 2006 года был очень влажным – выпало максимальное количество осадков (317,5 мм). Вегетационный период 2007 года был засушливым и жарким – количество выпавших осадков составило 112,5 мм, что в 2,3 раза меньше среднемноголетних данных

(255,2 мм), сумма температур вегетационного периода превысила среднеголетние значения на 5°C. В июне – период формирования урожая, температура по годам была оптимальной для культуры (18°C), а количество осадков в 2007 году было в 3,2 раза меньше по сравнению с 2006 годом (таблица 1).

Смородина черная очень требовательна к влажности почвы, что обусловлено поверхностным расположением ее корневой системы. Оптимальной для этой культуры считается влажность не ниже 70% ПВ [12]. В условиях нашего полевого опыта это составляет не менее 17,3% абсолютной влажности почвы. В июне 2006 года влажность почвы в слое 0...40 см была достаточной для созревания и налива ягод (18,5%). Сухой период 2007 года был неблагоприятным для культуры: абсолютная влажность в слое почвы 0...40 см составила в среднем 12,5% за вегетационный период, а содержание продуктивной влаги в почве было ниже удовлетворительного уровня и составляло 10...176 м<sup>3</sup>/га в зависимости от глубины и варианта опыта (удовлетворительной считается величина 200...400 м<sup>3</sup>/га). В 2006 году влагообеспеченность почвы была достаточной: запасы продуктивной влаги составили 134...189 м<sup>3</sup>/га в слое почвы 0...20 см и 212...276 м<sup>3</sup>/га в слое 20...40 см [3].

По нашим данным, использование ЦСП в дозах 3...24 т/га снижало содержание подвижных форм Pb, Ni, Zn и Cu в серой лесной почве. Внесение ЦСП в дозах свыше 8 т/га не приводило к дальнейшему значительному снижению подвижности ТМ в почве [2].

По содержанию в листьях смородины черной ТМ образуют ряд: Pb (3,5 мг/кг сырой массы) < Ni (6,09) < Zn (10,85) < Cu (16,7) < Fe (39,84). Внесение ЦСП оказало достоверное влияние на содержание ТМ в листьях смородины черной, которое зависело от физиологической значимости элемента: содержание токсичных Pb и Ni снижалось при уменьшении доступных форм ТМ в почве, а биогенных Zn и Cu снижалось при малых дозах цеолита (3...8т/га) и увеличивалось при возрастании дозы.

Поступление ТМ в ягоды было сходным с поступлением ТМ в листья. Это подтверждается корреляцией между содержанием элементов в листьях и ягодах:  $r_{Ni}=0,77$ ; для  $r_{Cu}=0,84$ ;  $r_{Zn}=0,77$ ;  $r_{Fe}=0,70$  [2].

На контрольном варианте по содержанию в ягодах смородины черной ТМ образуют ряд: Pb < Ni < Cu < Zn < Fe. Содержание ТМ в ягодах зависело от генетических особенностей растений, вида и дозы мелиоранта, метеоусловий периодов вегетации. Содержание ТМ в ягодах было связано с содержанием подвижных форм ТМ в почве. Достоверные коэффициенты корреляции между содержанием ТМ в почве и в ягодах составили:  $r_{Cu}=0,78$ ;  $r_{Zn}=0,73$ ;  $r_{Ni}=0,75$ . Для свинца достоверной зависимости не выявлено.

Внесение ЦСП не оказало достоверного влияния на содержание **Pb** в ягодах смородины черной (таблица 2). Содержание **Pb** в ягодах в вариантах с ЦСП было примерно одинаковым в оба года исследования, за исключением варианта с дозой ЦСП 8 т/га в 2006 году: содержание **Pb** было наибольшим и превышало контроль в 2 раза. Внесение извести приводило к увеличению накоплению **Pb** в ягодах в 2 и 2,7 раза соответственно в 2006 и в 2007 году (таблица 2). В среднем по годам содержание **Pb** в ягодах было стабильным и достоверно не зависело от погодных условий вегетационных периодов. Это может быть связано как с наличием физиологических барьеров в растениях (содержание **Pb** в ягодах было в 155 раз меньше его содержания в листьях), так и с механизмами связывания соединений **Pb** в почве. **Pb** наиболее прочно закрепляется почвенными компонентами за счет сродства со структурой гуминовых кислот и в большем объеме, чем другие ТМ, сорбируется гидроксидами Fe. Так как **Pb** является токсичным элементом и не оказывает значимой роли в физиологических процессах растений, то можно предположить, что содержание **Pb** в ягодах строго поддерживается на наследственном уровне.

Таблица 2 – Содержание **Pb** в ягодах (мг/кг сырого вещества)

Фактор А (Вариант)	Фактор В (Год отбора проб)		Средние по фактору А
	2006	2007	
Контроль	0,020	0,022	<b>0,021</b>
ЦСП 3 т/га	0,020	0,016	<b>0,018</b>
ЦСП 8 т/га	0,040	0,010	<b>0,025</b>
ЦСП 16 т/га	0,020	0,026	<b>0,023</b>
ЦСП 24 т/га	0,020	0,010	<b>0,015</b>
известь 2 т/га	0,040	0,060	<b>0,050</b>
Средние по фактору В	<b>0,031</b>	<b>0,024</b>	
НСР $A_{05}=0,015$ ; НСР $AB_{05}=0,02$ ; НСР $B_{05}=0,01$			

Использование мелиорантов оказало достоверное влияние на содержание **Cu** в ягодах (таблица 3). В 2006 году наименьшее содержание **Cu** отмечено в варианте с дозой ЦСП 3т/га. Дальнейшее увеличение дозы ЦСП приводило к увеличению содержания **Cu** в ягодах: в варианте с дозой ЦСП 16 т/га содержание **Cu** достигло уровня контрольного варианта, а в варианте с дозой ЦСП 24 т/га превышало контроль. В 2007 году ЦСП в дозах 3...16 т/га снижала содержание **Cu** на 50...75 % по сравнению с контролем, а доза ЦСП 24 т/га не оказывала влияния на содержание **Cu** в ягодах. Внесение извести уменьшало поступление **Cu** в ягоды на 60 и 78% в 2006 и 2007 годах соответственно. Содержание **Cu** в ягодах, также как и содержание **Pb**, не зависело от метеоусловий вегетационных периодов (таблица 3). Видимо, поступление **Cu** в растения смородины черной, в

большей степени определяется физиологической значимостью этого элемента, и в меньшей степени, свойствами почвы: Си является биофильным элементом и играет значительную роль в некоторых физиологических процессах растений. Си интенсивнее всех изучаемых металлов накапливалась в листьях и ягодах смородины черной (коэффициенты накопления Си листьями и ягодами были максимальными и составили 35 и 0,8 соответственно).

Таблица 3 – Содержание Си в ягодах (мг/кг сырого вещества)

Фактор А (Вариант)	Фактор В (Год отбора проб)		Средние по фактору А (НСР <sub>05</sub> -0,1)
	2006	2007	
Контроль	0,30	0,41	<b>0,35</b>
ЦСП 3 т/га	0,11	0,25	<b>0,18</b>
ЦСП 8 т/га	0,20	0,10	<b>0,20</b>
ЦСП 16 т/га	0,30	0,20	<b>0,25</b>
ЦСП 24 т/га	0,40	0,40	<b>0,40</b>
известь 2 т/га	0,12	0,09	<b>0,10</b>
Средние по фактору В	<b>0,23</b>	<b>0,24</b>	
НСР A <sub>05</sub> =0,1; НСР АВ <sub>05</sub> =0,22; НСР B <sub>05</sub> =0,15			

Влияние мелиорантов на содержание Ni в ягодах различалось в зависимости от метеоусловий изучаемых периодов. Содержание Ni в ягодах контрольного варианта было достоверно выше (в 2,72 раза) в сухой период 2007 года. Во влажном 2006 году внесение возрастающих доз ЦСП не оказало достоверного влияния на содержание Ni, наблюдалась лишь тенденция снижения этого элемента. В 2007 году при внесении ЦСП в дозах 3...16 т/га содержание Ni достоверно снижалось по сравнению с контролем на 77...90% и было равно содержанию Ni в аналогичных вариантах в 2006 году. В 2007 году при внесении 24 т/га ЦСП содержание Ni в ягодах смородины было выше, чем при внесении 3...16 т/га, но ниже, чем на контроле. Такое изменение содержания Ni в ягодах согласуется с данными о содержании подвижных форм этого элемента в почве. Коэффициент корреляции между содержанием Ni в ягодах и почве  $r=0,7$ . Внесение извести не влияло на содержание Ni в ягодах в оба года исследования. В 2007 году в варианте с известью в ягодах накапливалось в 3,9 раза больше Ni по сравнению с 2006 годом (таблица 4).

Имеются сведения [6] о способности смородины черной накапливать в ягодах повышенное содержание Ni: в зависимости от сорта содержание Ni в ягодах варьировало от 0,5 до 8,0 мг/кг сырой массы (ПДК<sub>Ni</sub>=0,5) В сходных с нашим опытом почвенно-климатических условиях содержание Ni в ягодах смородины сорта Кипиана было в 8...40 раз ниже, чем у других

сортов. Это может свидетельствовать о наибольшей экологической устойчивости сорта Кипиана по отношению к Ni.

Таблица 4 – Содержание Ni в ягодах (мг/кг сырого вещества)

Фактор А (Вариант)	Фактор В (Год отбора проб)		Средние по фактору А (НСР <sub>05-0,1</sub> )
	2006	2007	
Контроль	0,11	0,30	<b>0,205</b>
ЦСП 3 т/га	0,07	0,07	<b>0,070</b>
ЦСП 8 т/га	0,04	0,07	<b>0,055</b>
ЦСП 16 т/га	0,05	0,03	<b>0,040</b>
ЦСП 24 т/га	0,06	0,24	<b>0,150</b>
известь 2 т/га	0,08	0,31	<b>0,195</b>
Средние по фактору В	<b>0,07</b>	<b>0,17</b>	
НСР A <sub>05</sub> =0,1; НСР АВ <sub>05</sub> =0,13; НСР В <sub>05</sub> =0,05			

**Zn** выполняет важные функции в метаболизме растений – входит в состав ферментов, участвует в метаболизме углеводов и протеинов, в образовании ауксинов, ДНК и рибосом. Так, Т.В. Сенновской [7] установлено положительное влияние некорневой подкормки 0,15% раствором сульфата Zn на продуктивность смородины черной: увеличение урожайности составило до 45% в зависимости от сорта.

В почве опытного участка содержание подвижных форм Zn наибольшее по сравнению с другими металлами (отмечено превышение ПДК<sub>подв.</sub> на 10% опытных делянок). Поэтому можно предположить, что растения не испытывают недостатка Zn. Коэффициенты накопления Zn растениями были минимальными по сравнению с другими ТМ и составили 0,5 для листьев и 0,02 для ягод (таблица 5).

Таблица 5 – Содержание Zn в ягодах (мг/кг сырого вещества)

Фактор А (Вариант)	Фактор В (Год отбора проб)		Средние по фактору А (НСР <sub>05-0,1</sub> )
	2006	2007	
Контроль	0,28	0,88	<b>0,58</b>
ЦСП 3 т/га	0,05	0,25	<b>0,15</b>
ЦСП 8 т/га	0,05	0,42	<b>0,23</b>
ЦСП 16 т/га	0,40	0,28	<b>0,34</b>
ЦСП 24 т/га	0,34	0,44	<b>0,39</b>
известь 2 т/га	0,08	0,27	<b>0,17</b>
Средние по фактору В	<b>0,20</b>	<b>0,42</b>	
НСР A <sub>05</sub> =0,09; НСР АВ <sub>05</sub> =0,12; НСР В <sub>05</sub> =0,05			

В 2007 году в ягодах накапливалось больше Zn (в 1,3...8,4 раза в зависимости от варианта опыта). В 2006 году влияние ЦСП на содержание Zn в ягодах было сходным с влиянием ЦСП на содержание Cu: при внесении 3 и 8 т/га ЦСП содержание Zn в ягодах было на 83% ниже контроля, при дальнейшем увеличении дозы ЦСП до 16...24 т/га содержание Zn в ягодах возрастало и превысило содержание Zn в ягодах контрольного варианта. В 2007 году при использовании ЦСП в дозах 3 и 16 т/га содержание Zn в ягодах снижалось на 70%, а при внесении 8 и 24 т/га ЦСП – на 50%. Эффективность применения извести была одинаковой в оба года исследования – содержание Zn в ягодах снижалось на 70%.

**Fe** занимает особое место среди биогенных микроэлементов, поскольку валовое содержание его в почвах относительно велико и даже на бедных железом почвах не отмечается дефицита его доступных форм для растений [1]. Физиологическая роль Fe в растениях значительна – входит в состав хлорофилла, ферментов, участвует в процессах окисления и восстановления.

Влияние мелиорантов на поступление Fe в растения было различным в зависимости от условий вегетационных периодов. Так, в засушливый 2007 год в ягодах накапливалось Fe в 2,1...10,5 раз больше в зависимости от варианта опыта (таблица 6). В 2006 году в варианте с дозой ЦСП 8 т/га содержание Fe достоверно превышало контроль, а в остальных вариантах с ЦСП – не отличалось от контрольного варианта. В 2007 году внесение ЦСП в дозах 3,8 и 16 т/га снижало содержание Fe в ягодах по сравнению с контролем на 46, 31 и 58 % соответственно. При увеличении дозы ЦСП до 24 т/га содержание Fe увеличивалось, но было ниже контроля на 7%.

Таблица 6 – Содержание Fe в ягодах (мг/кг сырого вещества)

Фактор А (Вариант)	Фактор В (Год отбора проб)		Средние по фактору А (НСР <sub>05</sub> -0,1)
	2006	2007	
Контроль	0,11	1,16	<b>0,63</b>
ЦСП 3 т/га	0,24	0,63	<b>0,43</b>
ЦСП 8 т/га	0,33	0,80	<b>0,56</b>
ЦСП 16 т/га	0,13	0,49	<b>0,31</b>
ЦСП 24 т/га	0,12	1,08	<b>0,60</b>
известь 2 т/га	0,24	0,51	<b>0,37</b>
Средние по фактору В	<b>0,19</b>	<b>0,77</b>	
НСР A <sub>05</sub> =0,2; НСР АВ <sub>05</sub> =0,32; НСР B <sub>05</sub> =0,15			

Эффективность действия извести в 2006 году была аналогична действию 3 т/га ЦСП - накопление Fe в 2,2 раза увеличивалось по

сравнению с контрольным вариантом; в 2007 году, наоборот, известкование приводило к снижению поступления Fe в ягоды в 2,2 раза.

В засушливый период 2007 года во всех вариантах опыта в ягодах смородины черной накапливалось больше всех изучаемых ТМ, о чем свидетельствует показатель суммарного накопления (СПН) (таблица 7). Это происходило, в основном, за счет увеличения суммарного количества биогенных элементов.

Таблица 7 – Суммарный показатель накопления ТМ

Годы	Вариант	Pb+Ni	Zn+Fe+Cu	СПН (Pb+Ni+Zn+Fe+Cu)
2006	Контроль	0,13	0,69	0,82
	ЦСП 3 т/га	0,09	0,40	0,49
	ЦСП 8 т/га	0,08	0,58	0,66
	ЦСП 16 т/га	0,07	0,83	0,90
	ЦСП 24 т/га	0,08	0,92	0,94
	Известь 2т/га	0,12	0,44	0,56
2007	Контроль	0,32	2,45	2,77
	ЦСП 3 т/га	0,09	1,13	1,22
	ЦСП 8 т/га	0,08	1,32	1,40
	ЦСП 16 т/га	0,04	0,97	1,03
	ЦСП 24 т/га	0,25	1,92	2,17
	Известь 2 т/га	0,37	0,87	1,27

Увеличение содержания ТМ в ягодах в засушливый период можно объяснить следующим:

1) Эффектом ростового разбавления – концентрация элементов может увеличиваться при уменьшении массы ягоды. В 2006 году по всем вариантам опыта средняя масса ягоды была в 1,5...2 раза больше, чем в 2007 году (таблица 8);

2) Можно предположить, что в период засухи у растений смородины черной повышается интенсивность транспирации, и как следствие этого, увеличивается поступление ТМ в растения с восходящим током воды, как из верхних, так и нижних слоев почвы за счет образования более мощной корневой системы;

3) При снижении влажности почвы уменьшается подвижность ТМ и доступность их растениям. Поэтому в стрессовых условиях засухи может увеличиваться потребность растений в биогенных микроэлементах путем задействования растениями механизмов активного метаболического поглощения.

Таблица 8 – Средняя масса ягод черной смородины, г

Фактор А (Вариант)	Фактор В (Год отбора проб)		Средние по фактору А
	2006	2007	
Контроль	1,56	0,79	<b>1,17</b>
ЦСП 3 т/га	1,63	0,86	<b>1,24</b>
ЦСП 8 т/га	1,68	0,85	<b>1,26</b>
ЦСП 16 т/га	1,60	0,83	<b>1,21</b>
ЦСП 24 т/га	1,68	0,81	<b>1,24</b>
Известь 2 т/га	1,81	0,82	<b>1,31</b>
Средние по фактору В	<b>1,66</b>	<b>0,82</b>	
НСР A <sub>05</sub> =0,18; НСР АВ <sub>05</sub> =0,26; НСР B <sub>05</sub> =0,11			

### Выводы

1. При выращивании смородины черной на серой лесной среднесуглинистой почве накопление Pb, Ni, Cu, Zn и Fe в ягодах зависело от генетических особенностей растений, дозы ЦСП, погодных условий вегетационных периодов.

2. Содержание Pb и Cu в ягодах смородины черной было стабильным по годам и не зависело от метеоусловий вегетационных периодов; Ni, Zn и Fe в ягодах интенсивнее накапливались в засушливый период.

3. Внесение ЦСП в дозах 3...24 т/га не влияло на содержание Pb в ягодах смородины черной и изменяло содержание Ni, Zn, Cu и Fe.

В засушливый год эффективность ЦСП как мелиоранта, снижающего поступление Ni, Zn и Cu в ягоды была выше, чем в более влажный период.

4. Известкование способствовало увеличению поступления Pb, снижало содержание Cu, Zn и Fe и не влияло на содержание Ni в ягодах. Влияние известки меньше зависело от метеоусловий периода вегетации.

### Литература

1. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – С. 439.

2. Кузнецов, М.Н. Оценка количественных возможностей использования цеолитсодержащих пород для снижения поступления тяжелых металлов в ягоды смородины черной/ М.Н. Кузнецов, Е.В. Леоничева, Т.А. Роева// Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 05(59). С.92-94.

3. Леоничева, Е.В. К вопросу об определении оптимальной дозы цеолитсодержащих пород при выращивании смородины черной /Е.В. Леоничева, Т.А. Роева, М.Н. Кузнецов//Совершенствование сортимента и технологий возделывания плодовых и ягодных культур. Тез. докл. и выступлений научн.-метод. конф. – Орел: изд-во ВНИИСПК, 1998. – С.123-127.

4. Леонтьева, Л.И. Эффективность применения цеолита при выращивании малины и крыжовника: специальность 06.01.07 «Плодоводство»: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. с.-х. наук/Леонтьева Лариса Ивановна. – Орел, 2008. – 23 с. Библиогр.: с.22-23.

5. Минеев, В.Г. Использование природных цеолитов для предотвращения загрязнения почвы и растений тяжелыми металлами / В.Г. Минеев, А.В. Кочетавкин, Ван Бо Нгуен // Агрохимия. – 1989. – № 8. – С. 89-95.

6. Мотылева, С.М. О накоплении тяжелых металлов в листьях и плодах различных сортов черной смородины в зависимости от фазы вегетации /С.М. Мотылева, М.В. Соснина// Сельскохозяйственная биология. – 1996. – №1. – С.67-70.

7. Остапенко, Н.С. Влияние климатических факторов на параметры геохимического загрязнения /Н.С. Остапенко//ЕКОЛОГІЯ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ. – 2008. – В.11. – С.136-142.

8. Плеханова, И.О. Трансформация соединений тяжелых металлов в почвах при увлажнении: специальность 03.00.27 «Почвоведение» : автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра биол. наук / Плеханова Ирина Овакивовна; [Москов. гос. ун-т]. – Москва, 2008. – 51 с. Библиогр.: с. 49-51.

9. Попеско, И.Г. Изучение эффективности использования цеолитов для снижения фитотоксичности тяжелых металлов на землянике, черной смородине и вишне / И.Г. Попеско, И.С. Соловьев, Б.К. Цилу, В.И. Петрова // Использование природных цеолитов в народном хозяйстве. Ч.1. Новосибирск, 1991. – С. 188-198.

10. Сенновская, Т.В. Влияние микроэлементов бора, марганца и цинка на продуктивность смородины черной / Т.В. Сенновская// Плодоводство и ягодоводство России: Изд-во ВСТИСП. – 2006. – Т.XVII. – С.361-379.

11. Соловьев, И.С. Влияние загрязнения почвы кадмием и ее цеолитизации, известкования и торфования на смородине черной / И.С. Соловьев, В.Н. Переверзнецев // Плодоводство и ягодоводство России: Изд-во ВСТИСП. – 1995. – С. 168-176.

12. Шульгин, А.С. Орошение черной смородины на среднесуглинистых черноземах лесостепи Омской области /А.С.Шульгин//Культура черной смородины в СССР. Доклады симпозиума.- М., 1972. – С.243-247.