

УДК 634.7 : 577.118.001.5(470.21)

## Исследование безопасности и минерального состава дикорастущего сырья Кольского полуострова

И.Э. Бражная<sup>1</sup>, А.Е. Быкова<sup>1</sup>, С.Н. Судаков<sup>2</sup>, Б.Н. Семенов<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Технологический факультет МГТУ, кафедра технологий пищевых производств

<sup>2</sup> Судоводительский факультет МА МГТУ, кафедра управления судном и промышленного рыболовства

<sup>3</sup> Механико-технологический факультет Калининградского государственного технического университета, кафедра технологии продуктов питания

**Аннотация.** Представлены результаты исследований минерального состава и показателей безопасности дикорастущих ягод Кольского полуострова, собранных на различном удалении к югу от комбината "Североникель". Приведен сравнительный анализ полученных результатов с нормативными документами. Установлены рекомендованные районы промышленного сбора.

**Abstract.** The results of studies of mineral composition and safety performance of the Kola Peninsula wild berries collected at different distances to the south of the enterprise "Severonikel" have been presented. The comparative analysis of the results obtained with the regulations has been carried out. Some areas for commercial purposes have been recommended.

**Ключевые слова:** дикорастущее сырье Кольского полуострова, показатели безопасности, минеральный состав, районы сбора  
**Key words:** wild raw materials of the Kola Peninsula, safety performance, mineral composition, areas of raw materials collecting

### 1. Введение

Важнейшим элементом здоровья человека на Крайнем Севере является фактор питания. У жителей северных районов формируется так называемый "полярный метаболический тип", при котором повышается роль жиров и белков в пищевом рационе. Для восполнения потребности в витаминах и микроэлементах можно использовать дикорастущие северные ягоды, которые, обладая прекрасными вкусовыми качествами, являются богатыми источниками витаминов, минеральных и биологически активных веществ (Коцеев, 1992).

По оценкам специалистов, запас дикорастущих ягод в лесах России составляет 9,5 млн тонн, и более 60 % общих запасов ягод в европейской части страны приходится на Северный и Северо-Западный регионы (Николаев и др., 1999). Организация сбора и переработки дикорастущих ягод и грибов на территории Мурманской области является одной из важных задач, указанных в "Стратегии социально-экономического развития Мурманской области до 2025 года". Однако в настоящее время это сырье Кольского полуострова недостаточно используется в пищевой промышленности и общественном питании области.

Одной из причин, сдерживающих промышленный сбор и заготовку дикоросов, является фактор антропогенного воздействия на природу. Известно, что в Мурманской области приоритетными загрязнителями почв и растительности являются тяжелые металлы: никель и медь, поступающие в воздушный бассейн в результате деятельности комбинатов ОАО "Кольская горно-металлургическая компания". Ранее проведенные исследования ягод, произрастающих в непосредственной близости от комбината, показали в них высокое содержание меди и никеля (Баркан и др., 1990). За последнее десятилетие в связи со снижением объемов производства и модернизацией технологий в ОАО "КГМК" произошло уменьшение количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Исходя из вышесказанного, целью настоящей работы является исследование минерального состава и показателей безопасности дикорастущих ягод Кольского полуострова, установление рекомендованных районов промышленной заготовки и изучение возможности использования ягод в пищевых целях.

### 2. Объекты исследования и методики эксперимента

В ходе работы дикорастущие ягоды были исследованы по показателям санитарно-гигиенической безопасности, определены возможные районы их промышленной заготовки. Также был изучен минеральный состав съедобных ягод, собранных на различном удалении от медно-никелевого предприятия в период с 2003 по 2010 гг. Ввиду того, что аэротехногенные загрязнения, согласно розе ветров, разносятся в основном в меридиональном направлении от источника выбросов, были выбраны

места сбора образцов, расположенные в южном направлении от комбината "Североникель". Объектом исследования являлись ягоды дикорастущих кустарничков: брусники – *Vaccinium vitis-idaea* L., черники – *Vaccinium myrtillus* L., вороники – *Empetrum hermaphroditum* Hagerup.

Отбор и подготовка проб для определения содержания металлов в ягодах проводились в соответствии с ГОСТом 26929-94. Измерение концентрации металлов осуществлялось методом пламенной спектроскопии по ГОСТу 30178-96 на атомно-абсорбционных спектрометрах моделей 403, 460 фирмы Perkin-Elmer (США) и ААС-1 и ААС-3 по стандартным методикам. Для расширения спектра изучаемых элементов использовался метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на приборе Agilent 7500ce (США). При оценке результатов статистически достоверным принимался уровень различий при  $p < 0,05$ . Обработка полученных данных проводилась математическими методами вариационной статистики с применением прикладных компьютерных программ на персональной ЭВМ с использованием программ статистической обработки Excel 6.0 for Windows.

### 3. Исследование минерального состава дикорастущего сырья Мурманской области

Результаты исследований минерального состава дикорастущих ягод Мурманской области, собранных в южном направлении на различном удалении от комбината "Североникель" в импактной (до 10 км) и буферной (от 10 до 40 км) зонах представлены в таблице.

Таблица. Содержание элементов в дикорастущих ягодах на различном удалении от комбината "Североникель" в южном направлении, мг/кг на сырой вес продукта

Элемент	Импактная зона (до 10 км)			Буферная зона (от 10 до 40 км)		
	Черника ( $\bar{X} \pm \Delta x$ , n = 7)	Брусника ( $\bar{X} \pm \Delta x$ , n = 9)	Вороника ( $\bar{X} \pm \Delta x$ , n = 6)	Черника ( $\bar{X} \pm \Delta x$ , n = 10)	Брусника ( $\bar{X} \pm \Delta x$ , n = 13)	Вороника ( $\bar{X} \pm \Delta x$ , n = 9)
Медь	1,2 ± 0,2	2,2 ± 0,3	2,4 ± 0,3	0,95 ± 0,1	1,2 ± 0,2	1,4 ± 0,2
Никель	2,98 ± 0,24	4,01 ± 0,34	3,62 ± 0,22	0,71 ± 0,15	1,62 ± 0,24	0,69 ± 0,11
Железо	2,9 ± 0,4	5,5 ± 0,3	3,8 ± 0,3	2,8 ± 0,4	4,5 ± 0,2	1,8 ± 0,2
Цинк	0,9 ± 0,1	1,7 ± 0,5	0,7 ± 0,2	1,1 ± 0,2	1,6 ± 0,2	0,7 ± 0,1
Марганец	32,5 ± 4,6	15,5 ± 2,6	2,3 ± 0,6	51,1 ± 5,5	35,2 ± 3,5	3,2 ± 0,5
Магний	69,6 ± 5,3	72,3 ± 3,3	47,3 ± 5,3	83,2 ± 3,3	87,2 ± 3,6	48,2 ± 3,4
Кальций	168,8 ± 18,5	178,7 ± 12,2	87,7 ± 11,2	198,4 ± 20,3	223,7 ± 15,3	75,6 ± 11,3
Натрий	1,6 ± 0,3	2,6 ± 0,4	14,5 ± 0,5	1,5 ± 0,2	2,8 ± 0,4	7,2 ± 0,5
Калий	940,3 ± 40,2	449,7 ± 20,2	1038,1 ± 156	826,5 ± 35,3	720,5 ± 20,3	888,5 ± 120,3
Алюминий	0,9 ± 0,1	3,5 ± 0,2	0,6 ± 0,2	1,3 ± 0,2	3,3 ± 0,2	0,5 ± 0,1
Кремний	3,0 ± 0,2	3,1 ± 0,3	0,9 ± 0,1	2,0 ± 0,3	2,6 ± 0,3	0,7 ± 0,1

Отмечено снижение концентраций эссенциальных элементов: кальция, магния, марганца во всех изученных ягодах при приближении к источнику загрязнений. Выявлено, что в ягодах брусники больше, чем в других ягодах, содержится кальция, магния, цинка, железа, алюминия и кремния.

Во всех ягодах наблюдается повышение концентраций меди и никеля при приближении к источнику загрязнения, что отражено на рис. 1. Представленные диаграммы отражают особенности накопления меди и никеля ягодами дикорастущих кустарничков. Наименьшее изменение содержания меди отмечено в ягодах черники. В ягодах брусники происходит увеличение концентрации меди в 2 раза, в ягодах вороники – в 3 раза по сравнению с фоновыми областями.

Действующими ранее СанПиН 2.3.2.560-96 была установлена предельно допустимая концентрация (ПДК) меди в пищевых продуктах и сырье, составляющая 5 мг/кг сырого веса ягод. Из диаграммы (рис. 1а) видно, что превышения этой концентрации в исследованных образцах ягод не наблюдается.

Современной наукой медь рассматривается как необходимый микроэлемент. При низком содержании меди в организме человека развиваются анемия, нейтропения, изменения в соединительной и костной тканях, нарушения со стороны центральной нервной системы. Есть данные, что дефицит меди наблюдается даже в организме жителей г. Мончегорска (Серпов и др., 2000). Выявлено, что ягоды брусники, произрастающие на фоновой территории Мурманской области, содержат меди больше, чем другие ягоды, и могут использоваться в питании северян для восполнения потребности в этом элементе.

Никель в ягоды поступает более интенсивно, чем медь. Так, в импактной зоне никеля в ягодах брусники содержится в 20 раз больше, чем в фоновой. Максимальные концентрации, зарегистрированные в ягодах из 10-километровой области вокруг комбината, составляют: в бруснике – 4,2 мг/кг, в воронике – 3,8 мг/кг и чернике – 3,5 мг/кг сырого веса. Необходимость поступления никеля в организм человека пока не доказана, но роль этого элемента в ферментативных реакциях организма человека известна. Суточное потребление никеля с пищевым рационом взрослым человеком находится в пределах от 0,4 до 0,6 мг (Киприянов, 1997). По данным НИИ питания РАМН, содержание никеля в

пищевых продуктах до 0,95 мг/кг с токсикологических позиций не является опасным. На диаграмме (рис. 1б) видно, что безопасные концентрации никеля содержатся во всех ягодах, произрастающих далее 40 километров от медно-никелевого производства. Собранные рядом с комбинатом ягоды можно использовать в количестве не более 100 г в день, чтобы не превысить суточное потребление никеля.

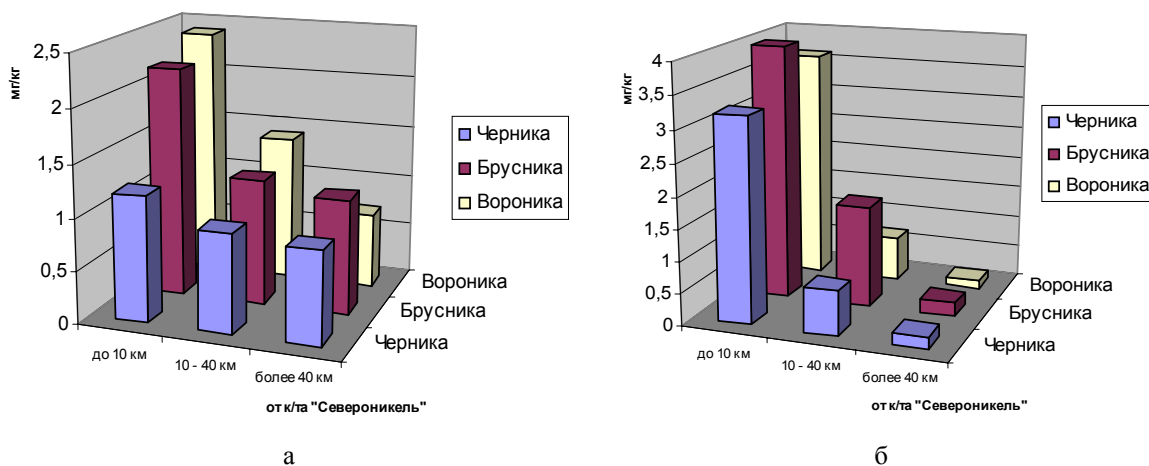


Рис. 1. Изменение концентрации меди (а) и никеля (б) в дикорастущих ягодах в зависимости от расстояния до медно-никелевого комбината, мг/кг сырого продукта

Полезные свойства дикорастущих ягод оцениваются наличием макро- и микроэлементов. На рис. 3 и 4 представлены диаграммы содержания некоторых эссенциальных элементов в дикорастущих ягодах Кольского полуострова (фоновая зона).

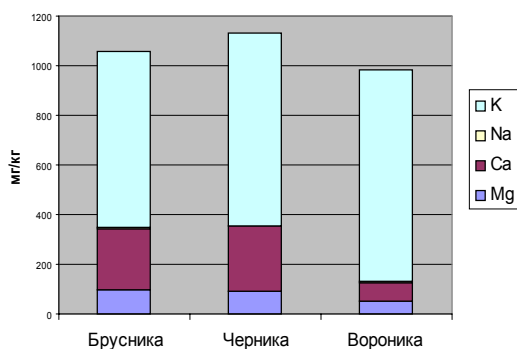


Рис. 2. Содержание макроэлементов в ягодах Мурманской области, мг/кг

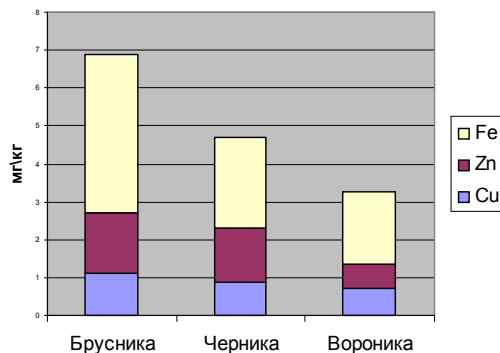


Рис. 3. Содержание микроэлементов в ягодах Мурманской области, мг/кг

Калий, как один из необходимых организму человека макроэлементов, в исследованных ягодах содержится в значительном количестве. Средние концентрации калия в ягодах из фоновых областей составляют: 710 мг/кг – в бруснике, 780 мг/кг – в чернике и 854 мг/кг – в воронике. Количество остальных макроэлементов в ягодах можно описать рядом:  $Ca > Mg \gg Na$ . Черника, собранная в фоновых районах Мурманской области, превосходит другие ягоды по сумме эссенциальных макроэлементов (рис. 2). В бруснике кальция и магния примерно столько же, как в чернике, а калия меньше. По сумме жизненно необходимых элементов брусника среди других ягод занимает лидирующее положение (рис. 3). Микроэлементы оказывают действие на организм человека опосредованно, управляя жизнедеятельностью гормонов, ферментов, белков, жиров, углеводов, витаминов и других биологически активных веществ. Разнообразие минерального состава ягод – следствие непрекращающихся биохимических и адаптационных процессов. Все микроэлементы присутствуют в легкоусвояемых формах, что делает ягоды хорошим источником минерального питания человека.

Северные ягоды богаты марганцем, особенно черника и брусника. Однако техногенное загрязнение сказывается на содержании марганца в ягодах. Диаграмма на рис. 4 отражает повышение концентрации марганца в ягодах с удалением от медно-никелевого комбината.

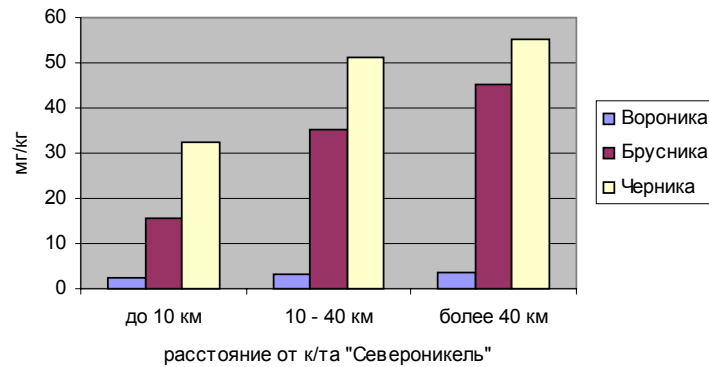


Рис. 4. Изменение концентрации марганца в ягодах черники, брусники и вороники в зависимости от расстояния до медно-никелевого комбината

На условно чистых территориях ценность ягод по содержанию марганца повышается. В ягодах черники концентрация марганца составляет 55,3 мг/кг, что несколько больше, чем в ягодах брусники (45,3 мг/кг) и значительно больше, чем в ягодах вороники (3,8 мг/кг). Таким образом, черника и брусника могут служить источником этого микроэлемента.

Безопасность ягод как пищевого продукта обязательно проверяется в соответствии с требованиями СанПиН 2.3.2.1078-01 (п. 1.6.1). По показателям безопасности (тяжелым и токсичным элементам, радионуклидам и пестицидам) исследованные ягоды Мурманской области соответствуют санитарным нормам. Однако стоит рекомендовать организовывать промышленные заготовки ягод далее 40 км от медно-никелевых предприятий, что не только обезопасит собираемое сырье от повышенного содержания в них никеля, но и обеспечит высокое содержание в нем эссенциальных макроэлементов, а значит, и высокую пищевую ценность.

В ходе работы было исследовано также содержание минеральных веществ в плотных оболочках и соке дикорастущих ягод Мурманской области. Сок получали из измельченных ягод путем его фильтрации через фильтроткань с последующим максимально возможным отжимом. Содержание металлов определяли в соке, жмыхе и целой ягоде. В результате исследования распределения элементов между соком и жмыхом ягод выявлены общие закономерности. Калий, магний, кальций, марганец находятся преимущественно в соке. Железо и цинк распределяются равномерно как в жидкой, так и в твердой фракции. Медь лучше удерживается твердой частью ягод черники и голубики. А никеля в твердой части ягод при отжиме сока остается около 1/3 его общего количества. Сок брусники в большей степени, чем соки других ягод, насыщен макро- и микроэлементами.

#### 4. Заключение

В ходе работы были изучены минеральный состав и показатели безопасности дикорастущих ягод Кольского полуострова. По показателям безопасности дикорастущие ягоды Мурманской области, собранные на расстоянии более 40 км от медно-никелевых комбинатов, соответствуют норме. Отмечено снижение концентраций эссенциальных элементов: кальция, магния, марганца во всех изученных ягодах при приближении к источнику загрязнений. Установлено, что в ягодах брусники больше, чем в других, содержится кальция, магния, цинка, железа, алюминия и кремния. Также в бруснике достаточно высокое содержание калия – важного макроэлемента для сердечно-сосудистой системы человека. Полученные результаты позволяют сделать вывод о целесообразности более широкого использования ягод брусники в пищевой промышленности в качестве источника минеральных веществ.

#### Литература

- Баркан В.Ш., Панкратова Р.П., Силина А.В. Накопление никеля и меди лесными ягодами и грибами, произрастающими в окрестностях комбината "Североникель". *Растительные ресурсы*, вып. 4, с.507-508, 1990.
- Киприянов Н.А. Экологически чистое растительное сырье и готовая пищевая продукция. М., *Изд-во Агар*, 176 с., 1997.
- Кошечев А.К. Лесные ягоды. М., *Экономика*, 260 с., 1992.
- Николаев Г.В., Кукуев Ю.А., Паукова Н.А. Освоение недревесных ресурсов леса на севере и северо-западе Европейской части России. *Лесное хозяйство*, № 1, с.44-46, 1999.
- Серпов В.Ю., Карначев И.П., Никанов А.Н., Храмов А.В. Особенности минерального обмена у жителей Кольского Севера и влияние на него атмосферных выбросов металлургического комбината "Североникель". *Организм и окружающая среда: жизнеобеспечение и защита человека в экстремальных условиях. Росс. конф. с межд. участием, г. Москва, М., ГНЦ РФ ИМБП*, т.2, с.86-87, 2000.