

РАЗДЕЛ II. НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 911.2:551.4:550.42 (478.9)

Капительчук И.П., Капительчук М.В., Шешницан С.С.

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, г. Тирасполь

Голубкина Н.А.

*Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур, пос. ВНИИССОК
(Одинцовский р-н, Моск. обл.)*

ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЛЕНА В ПОЧВАХ МОЛДОВЫ

Аннотация. На основе анализа почвенных проб установлено, что для территории Молдовы в среднем наблюдается увеличение концентрации биогенного микроэлемента селена (Se) в почве при переходе от диссипативных (водоразделы) к аккумулятивным (поймы и дно водоемов) элементам рельефа. Максимальное количество Se аккумулируют седименты водоемов. Минимальная средняя концентрация Se характерна для склонов, которые являются транзитными звеньями, соединяющие диссипативные и аккумулятивные элементы рельефа. Содержание Se зависит также от абсолютной высоты рельефа. Максимум средней концентрации селена наблюдается для почв, расположенных в диапазоне абсолютных высот 150-200 м. Выше и ниже этого геоморфологического уровня содержание Se в почве уменьшается. Выявленные особенности распределения Se по элементам рельефа подтверждаются с помощью биоиндикаторов – грибов, растений и водорослей.
Ключевые слова: биоиндикаторы, селен, почва, рельеф, ландшафт, биогеохимия, Молдова.

I. Kapitalchuk, M. Kapitalchuk, S. Sheshnitsan

Taras Shevchenko Transnistria State University (Tiraspol, Transnistria)

N. Golubkina

*All-Russian Scientific Research Institute of Breeding and Vegetable Seed Culture
(Lesnoi gorodok village, Odintsovo district, Moscow region, Russia)*

INFLUENCE OF THE RELIEF ON SELENIUM DISTRIBUTION IN SOILS OF MOLDOVA

Abstract. Based on the analysis of soil samples it was found that there is an increase in the average concentration of traces of biogenic selenium (Se) in soils of Moldova from dissipative (watersheds) to the accumulative (floodplain and the bottom of water bodies) relief elements. Sediments of water bodies accumulate maximum Se concentration. Minimum average Se concentration is typical for slopes, which are transit link connecting dissipative and accumulative

relief elements. Se content is also dependent on the altitude of the relief. The maximum average concentration of selenium was observed in soils located between altitudes of 150–200 m. Se in the soils decreases above and below this geomorphologic level. The revealed features of Se distribution on relief elements are confirmed by means of biological indicators – fungi, plants and algae.

Key words: trace element, selenium, relief, soil, geochemistry, biogeochemistry.

Геолого-геоморфологический фактор является определяющим в формировании разнообразных природных условий Молдовы. Геоморфологические уровни служат рубежами смены или высотной дифференциации многих ландшафтных компонентов, структуры почвенного покрова [1; 17], причем взаимосвязь между высотными характеристиками рельефа и узором почвенного покрова может быть отображена и количественно описана [6; 10]. Гипсометрическое строение территории Молдовы охватывает интервал от 0 до 430 метров над уровнем моря. В пределах этого диапазона высот существенно изменяются экологически значимые гидротермические факторы, определяющие формирование определенного типа фитоценоза и почв [10]. С уменьшением высоты улучшаются условия теплообеспеченности, но при этом уменьшается среднегодовое количество осадков и условия увлажнения территории.

В Молдове основным лимитирующим экологическим фактором является влагообеспеченность [7]. Этот же фактор в значительной мере определяет характер и интенсивность миграции химических элементов, в том числе и селена [4; 14]. Обмен воды на конкретной территории может быть оценен количественно с помощью известного коэффициента относительной увлажненности

K_y , представляющего собой отношение суммы атмосферных осадков к испаряемости. Высотный диапазон рельефа Молдовы по влагообеспеченности, а значит, и по условиям миграции химических элементов, можно условно разделить на четыре уровня [10].

Наиболее обеспечен влагой ($K_y > 0,93$) верхний геоморфологический уровень с диапазоном абсолютных высот 370-430 м, где доминируют бурые лесные почвы, сформировавшиеся под буковыми и буково-грабовыми лесами. На высотах от 250 до 370 м величина коэффициента увлажнения находятся в интервале значений 0,76-0,93. Здесь господствуют различные типы дубрав и сопутствующие им подтипы серых лесных почв. На среднем высотном уровне (160-250 м, где относительное увлажнение составляет 0,62-0,75) распространены лесостепные растительные ассоциации на различных типах и подтипах почв. Высотные уровни, расположенные ниже 160 м, характеризуются наименьшей влагообеспеченностью ($0,42 < K_y < 0,62$) и господством степных типчаково-ковыльных бедно-разнотравных ассоциаций на обыкновенных и карбонатных черноземах. По В.В. Добровольскому [4], два верхних геоморфологических уровня можно отнести к умеренно влажным, а средний и нижний уровни – к умеренно сухим.

Таким образом, на территории Молдовы на разных геоморфологи-

ческих уровнях условия для водной и биогенной миграции химических элементов различаются. Однако не менее значимыми факторами, влияющими на процессы физико-химической миграции элементов, являются и другие геоморфологические параметры рельефа, которые определяют расположение элементарных ландшафтов и оказывают влияние на соотношение механической и химической денудации, на водообмен и окислительно-восстановительные процессы, на степень гетеролитности ландшафта [14]. В частности, в зависимости от местоположения в рельефе выделяются три основных рода элементарных геохимических ландшафтов – элювиальный (автономный), супераквальный (надводный) и субаквальный (подводный) [15]. В связи с этим цель нашей работы состоит в том, чтобы, во-первых, оценить содержание биогенного микроэлемента селена (Se) в почвах основных родов элементарных геохимических ландшафтов; во-вторых, определить особенности распределения этого химического элемента на разных высотных уровнях. Особый интерес авторов к селену обусловлен слабой изученностью на территории Молдовы этого жизненно необходимого для человека и животных микроэлемента.

Материалы и методы

Образцы почв были собраны в период с 2004 по 2013 гг. в ходе полевых экспедиций из 153 ареалов различных типов почв на всей территории Молдовы с учетом микро- и мезорельефа местности (водоразделы, склоны, террасы и поймы рек). Почвенные образцы отбирались с помощью почвенного бура. В зависимости от размера почвенного контура отбиралось 5–10

образцов, а затем составлялась смешанная проба. В отдельных случаях закладывались почвенные шурфы, охватывающие все почвенные горизонты от дневной поверхности до почвообразующей породы. В данной статье представлены результаты по содержанию селена в верхнем почвенном слое (0–20 см).

Отбор проб донных отложений производился с помощью трубчатого пробоотборника на расстоянии 1 м от берега, на глубину до 40 см донного грунта водных объектов: реки Днестр на участке от города Каменка на севере до села Незавертайловка на юге, а также Кучурганском водохранилище, в устьях малых рек Ягорлык и Каменка при впадении их в Днестр, прудах на территории городов Бендеры и Тирасполь, села Севериновка Каменского района. Всего было отобрано 43 образца донных отложений, которые помещались в пластиковые пакеты, а затем высушивались без попадания на них прямых солнечных лучей, измельчались и перетирались в агатовой ступке.

Содержание селена в почвенных образцах и седиментах определялось микрофлуорометрическим методом [18]. Статистическая обработка результатов выполнялась с использованием компьютерной программы «STATITICA-10».

Результаты и обсуждение

Результаты статистической обработки данных о содержании селена в почвах на различных элементах рельефа Молдовы представлены (см. табл.) ниже. Водоразделы и террасы мы соотносили с элювиальными ландшафтами, для которых характерно глубокое залегание грунтовых вод, не оказывающих заметного влияния на перерас-

Таблица

Содержание валовых форм селена (мкг/кг) в почвах на различных элементах рельефа Молдовы

Элемент рельефа	Число измерений	Диапазон значений	Среднее значение	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
Водоразделы	112	100–554	252	±70	0,28
Склоны	11	176–381	226	±60	0,26
Поймы	30	153 – 668	285	±102	0,36
По всем элементам	153	100–668	256	±75	0,29
Донные отложения	43	89–3937	477	±633	1,33

пределение химических элементов. Вещество и энергия поступает в них из атмосферы и через атмосферу. Здесь преобладают прямые нисходящие водные связи, поэтому в элювиальных почвах происходит вымывание растворимых веществ и возможно образование иллювиальных горизонтов [14-15].

Супераквальные элементарные ландшафты представлены поймами. Они отличаются близким залеганием грунтовых вод, оказывающих существенное влияние на ландшафт, поставляя различные вещества, вымытые из коры выветривания и почв водоразделов. По терминологии М.А. Глазовской [2], поймы следует отнести к трансупераквальным ландшафтам, так как собственно супераквальные ландшафты приурочены к замкнутым понижениям со слабым водообменом. Анализ донных отложений в субаквальных ландшафтах также представляет значительный интерес, поскольку в водоемы поступают все химические элементы из прилегающих водораздельных пространств и в первую очередь элементы наиболее подвижные [14].

Селен в лесостепных и степных условиях обладает повышенной подвиж-

ностью, по сравнению с кислой средой лесных почв гумидных областей [4; 14]. Склоны являются связующим (трансэлювиальным) звеном между диссипативными (элювиальными) и аккумулятивными (супераквальными и субаквальными) ландшафтами [2]. Количество селена в почвах на различных элементах рельефа Молдовы колеблется от 100 до 668 мкг/кг. При этом стандартные отклонения в выборках для водоразделов и склонов не превышают 30% от среднего значения. Лишь для пойменных почвенных образцов коэффициент вариации достигает 36%. В одном почвенном образце чернозема обыкновенного, отобранном на надпойменной террасе Днестра, концентрация селена достигала 1933 мкг/кг. Эту пробу мы исключили из статистических расчетов, так как очаг с повышенным содержанием селена был локальным и имел техногенное происхождение.

Исходя из границ областей с различной обеспеченностью почв селеном, предложенных в работе [21], можно констатировать, что в среднем почвы Молдовы на всех элементах рельефа содержат оптимальное количество Se (более 175 мкг/кг). Однако на водоразделах и террасах существу-

ют почвенные ареалы с дефицитом *Se* (менее 125 мкг/кг), а для пойм обнаружены случаи с маргинальной обеспеченностью *Se* (125–175 мкг/кг). В то же время не выявлено ни одного почвенного ареала с концентрацией *Se* выше области оптимума (более 3000 мкг/кг). Отсутствие дефицитных значений концентрации *Se* в почвах, расположенных на склонах, видимо, обусловлено малым объемом выборки для этой формы рельефа.

Диапазон колебаний концентрации селена в донных отложениях по сравнению с почвами гораздо шире, а среднее значение для этой выборки значительно превышает соответствующие значения для почв водоразделов, склонов и пойм. Причем в среднем содержание селена в донных отложениях превышает его концентрацию в почвах склонов в 2,1 раза, водоразделов – в 1,9 раза, пойм – в 1,7 раза.

Таким образом, для трех основных родов элементарных геохимических ландшафтов на территории Молдовы в среднем наблюдается увеличение концентрации селена при переходе от

элювиальных к супераквальным и затем – субаквальным ландшафтам. Такое распределение селена соответствует общей закономерности латеральной миграции химических элементов, согласно которой элювиальные ландшафты являются диссипативными, из них вещество преимущественно выносится (особенно с возвышенных водоразделов), накапливаясь в супераквальных и субаквальных ландшафтах. Высокое содержание селена в аккумулятивных ландшафтах по сравнению с почвами водосборов обусловлено, прежде всего, тем, что в поймах и на дне водоемов накапливаются в основном тонкодисперсные частицы, для которых характерно повышенное содержание многих микроэлементов [2; 14-15]. Минимальное среднее количество селена установлено для склонов, являющихся трансэлювиальными звеньями ландшафтно-геохимических катен, для которых характерна высокая кинетическая и потенциальная энергия миграции различных веществ, соответственно, высокая динамичность, эрозийная опасность и неоднород-

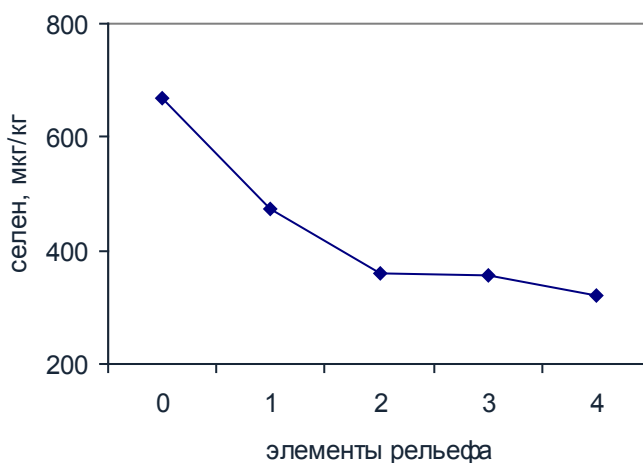


Рис. Концентрация селена в почве на элементах рельефа долины реки Днестр: 0 – пойма, 1–4 – надпойменные террасы

ность по увлажнению и плодородию почв.

Этот вывод на основе распределения средних значений концентрации селена по элементам рельефа подтверждается и для конкретных геоморфологических профилей. Для примера (рис.) приведем распределение микроэлемента по геоморфологическому профилю у села Грушка, где на участке долины реки Днестр с узкими террасами и крутыми склонами концентрация *Se* в почве нарастает в направлении от водораздела к пойме [13; 20].

Выше мы рассмотрели отличия средней концентрации селена в верхнем почвенном слое (0–20 см) на различных элементах рельефа. Однако следует учитывать, что подвижный в условиях степи и лесостепи селен активно мигрирует и по вертикальному профилю почвы. Обычно максимальная концентрация селена в почве элювиальных ландшафтов наблюдается на глубине от 40 до 80 см. В верхнем слое почвы и при переходе к почвообразующей породе количество *Se* уменьшается. В супераквальных ландшафтах вертикальное распределение *Se* имеет более сложный характер. Здесь его концентрация в различных горизонтах почвы зависит от содержания микроэлемента в почвенных частицах, поступивших как с прилегающих склонов и террас, так и принесенных рекой во время половодий и паводков [8; 13; 20].

Сопоставляя концентрации селена на различных элементах рельефа, следует принимать во внимание, что содержание микроэлементов в почве, прежде всего, определяется их количеством в почвообразующей породе. Среди группировок почвообразующих

пород наибольшее распространение в северной части Молдовы имеют элювиальные и элювиально-делювиальные легкие глины и тяжелые суглинки, а в южной части страны – лессовидные средние и тяжелые суглинки. Реже встречаются почвы, образовавшиеся на песках, супесях и известняках. Современные делювиальные и аллювиальные наносы встречаются повсеместно в поймах рек и днищах балок.

Количество селена в почвообразующих породах колеблется в значительных пределах: элювий третичных песков – 50-80 мкг/кг; известняки – 30-100 мкг/кг; глины – 400-600 мкг/кг [5]. В четвертичных лессовых отложениях Днестровско-Прутского междуречья содержится в среднем 56 мкг *Se*/кг [19], а в почвообразующих лессовидных средних и тяжелых суглинках долины Днестра на глубине 140-150 см количество *Se* составляет 140-180 мкг/кг [8]. Считается общепринятым, что количество микроэлементов, как и других питательных веществ, обычно увеличивается по мере возрастания в почве глинистых частиц. Действительно, в среднем минимальные концентрации селена (200 мкг/кг) наблюдаются в супесчаных почвах. При переходе к почвам, образовавшимся на лессовидных суглинках, его среднее содержание в почвах возрастает до 240-242 мкг/кг, и достигает максимума (261 мкг/кг) в глинистых почвах [9].

Если высокое содержание *Se* в супераквальных и субаквальных ландшафтах в основном обусловлено его смывом с повышенных форм рельефа и аккумуляцией в поймах рек и днищах балок, то накопление этого микроэлемента в гумусовом горизонте почв элювиальных ландшафтов про-

исходит в основном путем его биогенной концентрации. В связи с этим на пространственную дифференциацию селена в элювиальных ландшафтах должен оказывать влияние тип фитоденноза, формирующийся в определенных экологических условиях, которые в свою очередь в значительной степени зависят от абсолютной высоты и характера рельефа. Н.Л. Рымбу [16] в условиях сильнопересеченного рельефа Молдовы выделил 17 категорий местностей водораздельных пространств с различной мезоморфной структурой и абсолютной высотой, и разделил их на пять подгрупп:

1) холмисто-грядовые, волнисто-грядовые и грядово-волнистые водоразделы с абсолютными высотами (H) 220-429 м;

2) плоско-увалистые и увалистые водоразделы, $H=190-300$ м;

3) волнистые и холмисто-волнистые водоразделы, $H=180-315$ м;

4) останцево-холмистые и холмисто-останцевые водоразделы. $H=220-388$ м;

5) плоско-волнистые и плоские водоразделы, $H=110-250$ м.

Таким образом, элювиальные ландшафты, соотнесенные с водоразделами любой из указанных выше подгрупп, могут располагаться в широком интервале абсолютных высот. При этом диапазоны высот всех подгрупп перекрываются, хотя бы частично, обуславливая сходные экологические условия на одинаковых высотных рубежах. В зависимости от высотных параметров рельефа и соответствующих им экологических условий под разными типами растительности сформировались зональные типы почв [10], которые можно условно распределить по трем

уровням [6]. Верхний высотный уровень занимают лесные почвы – бурые лесные, серые лесные, темно-серые лесные, а также оподзоленные черноземы. На среднем высотном уровне под разнотравно-луговыми степями образовались выщелоченные и типичные черноземы. Нижний высотный уровень занимают почвы типчаково-ковыльных степей – обыкновенные, карбонатные и южные черноземы. Самые нижние абсолютные отметки во всех природных районах Молдовы занимают пойменные луговые почвы суперэлювиальных элементарных ландшафтов, являющиеся азональным типом.

Под влиянием фактора экспозиции склонов границы между высотными уровнями размываются. На основе статистических оценок можно лишь говорить о том, что при средней приподнятости рельефа района более 200 метров доминируют почвы верхнего высотного уровня. Для территорий со средней приподнятостью 150-200 м доминанта переходит к почвам среднего уровня. При уменьшении средней приподнятости территории ниже 150 м начинают доминировать почвы нижнего высотного уровня [6].

Учитывая, что разные высотные уровни различаются по экологическим условиям, коренным растительным ассоциациям и, следовательно, по характеру почвообразующих процессов, содержание селена в почвах на этих геоморфологических уровнях также может различаться. В частности, максимум средней концентрации селена (270 мкг/кг) наблюдается для почв среднего высотного уровня. В то время как среднее содержание селена в почвах верхнего и нижнего уровня заметно меньше и составляет 238 и 235

мкг/кг соответственно. В пойменно-луговых почвах в среднем содержится 262 мкг/кг [3]. По расширенной выборке средняя концентрация селена в супераквальных ландшафтах составляет 285 ± 102 мкг/кг (см. табл. 1).

Аккумуляция селена в донных отложениях субаквальных ландшафтов сопровождается повышенным содержанием этого микроэлемента в воде водоемов, а также активным его поглощением водорослями и растениями. Так, содержание селена в водах Днестра, Кучурганского водохранилища и небольших водоемов и водотоков, расположенных в бассейне среднего и нижнего Днестра, составляет 0,20-6,09 мкг/л. В то время как количество селена в водорослях и растениях составляют от 19 до 2917 мкг/кг и может превышать его концентрацию в воде в 3740 раз. Мощными биоаккумуляторами селена являются гидрофиты и водоросли, которые в среднем накапливают соответственно 855 и 532 мкг Se/кг воздушно-сухого вещества. Гелофиты поглощают селен менее активно. Его среднее содержание в этих растениях составляет 182 мкг/кг. Еще в меньшем количестве содержат селен растения супераквальных ландшафтов – в среднем 139 мкг/кг [11]. Тем не менее, эти концентрации все же превышают в 1,2 раза среднее его количество, накапливаемое сельскохозяйственными растениями региона (111-112 мкг/кг) [13].

Хорошими биоиндикаторам селена являются грибы, которые аккумулируют селен, как правило, намного активнее, чем сельскохозяйственные растения. Причем концентрация селена может существенно варьировать в плодовых телах грибов, произрастающих в разных эколого-геохимических

условиях. В среднем содержание селена в грибах, собранных в супераквальных ландшафтах, выше, чем в грибах, произрастающих на элювиальных и трансэлювиальных частях ландшафтно-геохимических катен. Наиболее широким диапазоном аккумуляции селена обладает *Agaricus bisporus*. В трансэлювиальных ландшафтах эти грибы накапливают от 782 до 4275 мкг Se/кг, в супераквальных – до 24921 мкг/кг [12].

Выводы

На разных геоморфологических уровнях территории Молдовы условия для водной и биогенной миграции химических элементов различаются, что обуславливает высотную дифференциацию селена в почвах. Максимум средней концентрации селена (270 мкг/кг) наблюдается для почв, расположенных в диапазоне абсолютных высот 150–200 м, а на более высоких и более низких геоморфологических уровнях в среднем количество селена в почвах заметно меньше.

Для трех основных родов элементарных геохимических ландшафтов на территории Молдовы в среднем наблюдается увеличение концентрации селена при переходе от элювиальных к супераквальным и затем – субаквальным ландшафтам. При этом минимальное среднее количество селена установлено для склонов, являющихся трансэлювиальными звеньями ландшафтно-геохимических катен, для которых характерна высокая кинетическая и потенциальная энергия миграции различных веществ.

Дифференциация концентрации селена в почвах по элементам рельефа подтверждается с помощью биоиндикации. Для элювиальных, транс-

элювиальных и супераквальных элементарных ландшафтов хорошими биоиндикаторами селена являются грибы (особенно *Agaricus bisporus*), для субаквальных – гидрофиты и водоросли.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Атлас почв Молдавии / отв. ред. И.А. Крупеников. Кишинев: Штиинца, 1988. 176 с.
2. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М.: МГУ, 1964. 231с.
3. Голубкина Н.А., Капитальчук И.П., Капитальчук М.В. Селен в почвах на разных высотных уровнях рельефа Днестровско-Прутского междуречья // Вестник Московского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2012. № 1. С. 98-101.
4. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М.: Академия, 2003. 342 с.
5. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М: Мир, 1989. 440 с.
6. Капитальчук И.П. Оценка влияния геоморфологического каркаса на дифференциацию почвенного покрова территории Молдовы // Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM. 2009. № 1. P. 41-51.
7. Капитальчук И.П. Типология лесных природно-территориальных комплексов Молдавии. Бендеры : Полиграфист, 2010. 128 с.
8. Капитальчук И.П., Капитальчук М.В. Особенности распределения селена по вертикальному профилю различных типов почв на территории Приднестровья // Вестник Приднестровского ун-та (Медико-биологические и химические науки). 2009. № 2 (34). С. 234-237.
9. Капитальчук И.П., Капитальчук М.В., Голубкина Н.А. Содержание биогенного микроэлемента селена в почвах Днестровско-Прутского междуречья в зависимости от типа почвообразующих пород // Вестник КазНПУ им. Абая (Естественно-географические науки). 2012. № 2 (32). С. 53-55.
10. Капитальчук И.П., Кочуров Б.И. Влияние гидротермических и геоморфологических факторов на формирование природных условий Молдавии // Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья: мат. III междунар. науч.-практ. конф. (г. Тирасполь, 22–23 окт. 2009 г.). Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2009. С. 81-84.
11. Капитальчук М.В. Особенности аккумуляции селена растениями водных экосистем Молдавии / М.В. Капитальчук, Н.А. Голубкина, С.С. Шешницан и др. // Вестник Московского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2013. № 3. С. 104-109.
12. Капитальчук М.В. Аккумуляция селена и других микроэлементов высшими грибами в геоэкосистемах Приднестровья / М.В. Капитальчук, Н.А. Голубкина, С.С. Шешницан и др. // Вестник Приднестровского ун-та (Медико-биологические и химические науки). 2014. № 2 (47). С. 101-107.
13. Капитальчук М.В., Капитальчук И.П., Голубкина Н.А. Аккумуляция и миграция селена в компонентах биогеохимической цепи «почва–растения–человек» в условиях Молдавии // Поволжский экологический журнал. 2011. № 3. С. 323-335.
14. Перельман А.И. Геохимия ландшафта: учеб. пособ. для студентов географ. и геолог. специальностей ун-тов / 2-е изд. М.: Высшая школа, 1975. 342 с.
15. Полюнов Б.Б. Географические работы. М.: Географгиз, 1952. 399 с.
16. Рымбу Н.Л. Природно-географическое районирование Молдавской ССР. – Кишинев: Штиинца, 1982. – 148 с.
17. Урсу А.Ф. Почвенно-экологическое

- микрорайонирование Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1980. 208 с.
18. Alftan G.A. Micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry // *Anal. Chim. Acta*. 1984. Vol. 65. P. 187-194.
19. Bogdevich O. The investigation of selenium in the environment / O. Bogdevich, R.E. Hannigan, C. Moraru et al. // *Abstract book of the second inter. conf. on Ecological chemistry (Chisinau, 11-12 Oct. 2002)*. Chisinau: s.n., 2002. P.168.
20. Kapitalchuk I. Selenium in Soils of Moldova / I. Kapitalchuk, N. Golubkina, M. Kapitalchuk et al. // *Abstract Book of the 9th Inter. Soil Science Congress «The Soul of Soil and Civilization» (Side, Antalya, Turkey, 14–16 Oct. 2014)*. Kızılkaya: Coşkun Gülser eds., 2014. P. 187.
21. Tan J. Selenium in soil and endemic diseases in China / J. Tan, W. Zhu, W. Wang et al. // *Sci. Tot. Environ.* 2002. Vol. 284. P. 227-235.