

Анна Евгеньевна Побилат

Клиника современной трихологии, директор, кандидат медицинских наук, Россия, Красноярск, e-mail: pobilat-anna@mail.ru

Евгений Иванович Волошин

Красноярский государственный аграрный университет, профессор кафедры общего земледелия и защиты растений, доктор сельскохозяйственных наук, Россия, Красноярск, e-mail: ev.voloshin@yandex.ru

МОНИТОРИНГ ЙОДА В СИСТЕМЕ «ПОЧВА – РАСТЕНИЕ» (ОБЗОР)

Йод играет важную биологическую роль в живых организмах. Он участвует во многих физиологических и биохимических процессах и оказывает большое влияние на рост, развитие и продуктивность растений. При дефиците микроэлемента в экосистеме у животных и человека возникают различные эндемические заболевания. Основным источником поступления йода в почву и растения является Мировой океан. Уровень содержания, подвижность, аккумуляция и миграция йода зависят от рельефа местности, агрофизических и агрохимических свойств почв и почвообразующих пород, растительности, климата, геоморфологии и гидрологического режима. Поведение йода в структуре почвенного покрова агроценозов определяется свойствами металла и плодородием почв. На содержание йода в почвах оказывает влияние их гумусированность, кислотность и гранулометрический состав. Наименьшее количество йода отмечается в кислых подзолистых и серых лесных почвах легкого гранулометрического состава и наибольшее в солончаках. Карбонатность почв и щелочная реакция среды уменьшают подвижность галогена в почвах и способствуют образованию большого количества труднорастворимых соединений. Промывной и периодически промывной режим усиливает миграцию микроэлемента по профилю почв. Среднее содержание йода в почвах колеблется от 0,2 до 12,0 мг/кг при фоновом значении 5 мг/кг. В региональных условиях на концентрацию йода в почвах оказывают влияние свойства почв, условия почвообразования, погодные условия и свойства галогена. Растения характеризуются неодинаковым содержанием йода. Основным фактором накопления йода в растениях является обеспеченность почв подвижной формой элемента, видовые и сортовые особенности сельскохозяйственных культур. Среднее содержание йода в растениях колеблется от следовых количеств до 2,50 мг/кг сухого вещества. В растительной продукции многих регионов страны наблюдается дефицит йода. Для оптимизации питания растений йодом необходимо применение йодных удобрений. Под влиянием этих удобрений повышается элементный состав и продуктивность сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: йод, почва, растение, оптимизация, дефицит, йодные микроудобрения.

Anna E. Pobilat

"Clinic of Modern Trichology", director, candidate of medical sciences, Russia, Krasnoyarsk, E-mail: pobilat-anna@mail.ru

Evgeny I. Voloshin

Krasnoyarsk State Agrarian University, professor of the chair of general agriculture and plants protection, doctor of agricultural sciences, Russia, Krasnoyarsk, e-mail: ev.voloshin@yandex.ru

MONITORING OF IODINE IN THE SOIL – PLANT SYSTEM (REVIEW)

Iodine plays an important biological role in live organisms. It participates in many physiological and biochemical processes and has more impact on the growth, development and efficiency of the plants. At the deficiency of the microelement in an ecosystem the animals and the man have various endemic diseases. The main source of the intake of iodine to the soil and plants is the World Ocean. The contents level, the mobility, accumulation and migration of iodine depend on the land relief, agrophysical and agrochemical properties of soils and soil making rocks, vegetation, climate, geomorphology and hydrological mode. The behavior of iodine in the structure of soil cover of agrocenosis is defined by the properties of metal and soils fertility. Their humus state, acidity and particle size distribution have the impact on the content of iodine in the soils. The smallest amount of iodine is noted in sour podsollic and gray forest soils, easy particle size distribution and the greatest is in saline soils. Calcareousness of soils and alkaline reaction of the environment reduce the mobility of halogen in the soils and promote the formation of a large number of almost insoluble compoundings. Washing and periodically washing mode strengthens the migration of the microelement on the profile of the soils. Average content of iodine in the soils fluctuates from 0.2 to 12.0 mg/kg at the background value of 5 mg/kg. In regional conditions the concentration of iodine in the soils is influenced by the property of soils, soil formation conditions, weather conditions and the properties of halogen. The plants are characterized by unequal content of iodine. Major factor of the accumulation of iodine in plants is the security of soils with a mobile form of an element, specific and high-quality features of crops. Average content of iodine in the plants is in the range from trace quantities to 2.50 mg/kg of solid. In vegetable production of many regions of the country the deficiency of iodine is observed. The optimization of plants nutrition iodine requires using iodine fertilizers. Under the influence of these fertilizers the element structure and efficiency of crops raise.

Keywords: *iodine, soil, plant, optimization, deficiency, iodine microfertilizers.*

Введение. Йод относится к эссенциальным микроэлементам и играет важную биологическую роль в жизни живых организмов. Галоген входит в состав тироксина и трийодтиронина и регулирует скорость различных биохимических реакций. Недостаток или избыток йода в организме приводит к возникновению эндемических заболеваний [1, 2].

Почва является основным источником снабжения растений йодом. В разных типах почв концентрация микроэлемента определяется направленностью и интенсивностью почвообразовательного процесса, климатом, биологическим круговоротом элементов с процессами миграции и неоднородностью видового состава растительности. В большинстве почв наблюдается недостаток йода [3, 4], уменьшаются темпы поступления их в растениеводческую продукцию и возникает проблема их статуса у населения и животноводческой отрасли. Одним из наиболее рациональных и экологически безопасных путей оптимизации йодного статуса населения является применение йодных микроудобрений.

Цель исследования. Определение уровней содержания йода в системе «почва – растение».

Особенности содержания йода в почвах и растениях. **Почва.** Йод относится к подгруппе галогенов, являющихся самыми активными в химическом отношении неметаллами. Геохимия йода в ландшафте определяется водной и воздушной миграцией и интенсивным участием элемента в биологическом круговороте.

В природе йод образует незначительное количество самостоятельных минералов. К наиболее распространенным минералам относятся йодиды металлов, полигалиты, йодаты и перйодаты [5]. Йод является постоянной составной частью всех изверженных осадочных пород [6]. Осадочные породы больше содержат йода, чем магматические. Особенно высоким содержанием йода характеризуются органогенные морские донные отложения. Для соединений йода характерна высокая растворимость в воде и большая летучесть.

По данным А.Х. Шеуджена [5], основным источником поступления йода на континенты являются океаны, откуда галоген поступает в атмосферу и через нее попадает в почву и растения. Концентрация микроэлемента в экосистеме зависит от рельефа местности. Чем выше рас-

положена территория над уровнем моря, тем меньше в почвах, породах и растениях содержится йода.

В атмосфере микроэлемент находится в форме органических соединений, йодидов и свободного йода. Между ними происходят постоянные превращения, оказывающие значительное влияние на соотношение и его баланс в природе. Формирование газообразных форм йода и его активная миграция являются одним из наиболее важных звеньев биогеохимического цикла этого микроэлемента [6]. При оценке валового содержания йода в почвах России используют следующие градации: <5,0 мг/кг – недостаточное содержание, 5,1–40,0 – нормальное, >40,0 мг/кг – избыточное [7]. Для оценки водорастворимой формы йода предложены критерии, разработанные Ю.Г. Покотиловым [8]: 0,011–0,03 – низкое содержание, 0,03–0,05 – пониженное, 0,05–0,1 мг/кг – оптимальное.

Поведение йода в структуре почвенного покрова определяется химическими свойствами самого элемента и плодородием почв. Среди разных факторов, влияющих на поведение и аккумуляцию йода в почвах, важную роль играет органическое вещество. Для всех типов характерна общая закономерность: чем больше в почве гумуса, тем выше в ней содержание йода [5]. В составе гумуса гуминовые кислоты в два раза больше содержат йода в сравнении с фульвокислотами [9].

Реакция почвенного раствора определяет степень подвижности и уровень накопления йода в почвах. В кислых подзолистых и серых лесных почвах отмечается самое низкое содержание йода. При насыщении кислых почв соединениями железа и марганца летучесть и потери йода из них возрастают. Щелочные почвы обладают свойствами переводить ионы йода в связанное состояние и накапливать его в значительных количествах. Максимальное количество йода (33 мг/кг) обнаружено в верхних горизонтах солончаков, что связано с их формированием в пониженных элементах рельефа, являющихся конечными пунктами трансгрессии солей [4].

Количество йода в почвах зависит от их гранулометрического состава. Аккумуляция галогена более активно выражена в почвах глинистого и тяжелосуглинистого состава и значительно

слабее в супесчаных и песчаных [10]. С увеличением содержания илистой фракции количество в них йода увеличивается. По данным В.К. Кашина [6], это обусловлено тем, что в состав илистой фракции в основном входят глинистые минералы, обладающие большой поглотительной способностью.

У геохимии йода есть общие черты с геохимией легкорастворимых солей. Почвы, обогащенные легкорастворимыми солями, характеризуются повышенной фиксирующей способностью и препятствуют миграции йода в нижележащие горизонты [4]. Наличие карбонатного барьера и щелочная реакция среды уменьшают подвижность микроэлемента в почвах и образуют большое количество труднорастворимых соединений йода [5, 11]. Промывной и периодически промывной водный режим усиливает миграцию микроэлемента по профилю почв.

По данным А.Х. Шеуджена [5] в земной коре содержится 0,00004 % йода. Среднее содержание йода в почвах на территории бывшего СССР колеблется в пределах 0,2–12,0 мг/кг. Кларк йода в почвах в среднем составляет 5 мг/кг. Уровень содержания, подвижность, аккумуляция и миграция йода тесно связаны со свойствами почв, составом почвообразующих пород, особенностями растительного покрова, климата, геоморфологии и гидрологического режима ландшафтов региона. В черноземах обыкновенных Воронежской области валовое содержание йода в верхнем горизонте колеблется от 4,8 до 5,0 мг/кг и заповедных территорий региона – 4,1–6,5 мг/кг [11]. Эти черноземы лучше обеспечены йодом в сравнении с выщелоченными и оподзоленными подтипами.

Содержание йода в пахотном горизонте дерново-подзолистой, аллювиально-дерновой и торфяно-болотной почв Калининградской области колеблется от 1,20 до 4,28 мг/кг. Концентрация йода в гумусово-аккумулятивных горизонтах зависела от их гранулометрического состава, состава почвообразующих пород, гумусированности и окислительно-восстановительного потенциала [12].

В условиях Краснодарского края варьирование содержания йода в почвах находится в пределах 0,4–11,0 мг/кг, что обусловлено особенностями почвообразовательного процесса на Северном Кавказе [5]. Среди разных почв наиболь-

шая их обеспеченность йодом отмечается в черноземах и каштановых почвах Тамани. Наименьшее количество йода наблюдается в горно-лесных и серых лесных почвах предгорной зоны края.

В регионах Западной и Восточной Сибири, отличающихся в геоморфологическом и геохимическом отношении, содержание йода в почвах характеризуется большим разнообразием. На возвышенных территориях Забайкалья наблюдается низкое валовое содержание йода в почвах – 0,5–2,9 мг/кг [6]. В черноземах и каштановых почвах Тувинской горной области содержание йода колеблется от 1,5 до 2,5 мг/кг, горно-лесных бурых и горно-лесных черноземовидных – 1,5–2,0 мг/кг [13]. В большинстве почв биогенная аккумуляция йода отсутствует и отмечается увеличение его концентрации вниз по профилю.

В Республике Алтай наблюдаются значительные колебания йода в почвенном покрове – от 0,40 до 0,86 мг/кг в горно-дерновых почвах до 2,43–5,05 мг/кг в черноземах выщелоченных [4]. В условиях Кемеровской области среднее содержание йода в черноземах выщелоченном и обыкновенном равнялось 2,17 мг/кг [14]. В серых лесных почвах разных районов юга Западной Сибири валовое содержание йода было примерно одинаковым и составляло 1,4–3,0 мг/кг [15]. Распределение йода по профилю почв в основном определялось содержанием гумуса, илистой фракции и химическими свойствами галогена [16]. Введение целинных земель в сельскохозяйственный оборот уменьшало содержание йода в почвах.

В разных природных зонах Западной Сибири почвы характеризуются неодинаковым содержанием йода [7, 17–19]. Наименьшее количество йода отмечается в почвах тундры и лесотундры, в них концентрация элемента колеблется от следовых значений до 0,65 мг/кг. Подзолистые и дерново-подзолистые почвы средней и южной тайги, серые лесные северной лесостепи содержат значительно больше йода (0,36–2,59 мг/кг). Среди зональных почв лесостепной и степной зон региона наибольшей концентрацией йода характеризуются черноземы (5,71 мг/кг). В интразональных почвах самое высокое содержание галогена отмечается в солончаках и солонцах (8,52–31,0 мг/кг) и низкое в солодах (1,39 мг/кг).

Водорастворимая форма йода является важным источником питания растений. По данным А.Х. Шеуджена [5], водорастворимый йод может составлять до 50 % от валового количества. Наибольшее количество этой формы йода отмечается в верхнем горизонте почв, уменьшаясь вниз по профилю. В большинстве почв Западной Сибири отмечается пониженное содержание водорастворимой формы йода [7]. Черноземы и серые лесные почвы лесостепной зоны характеризуются оптимальным содержанием микроэлемента (0,08–0,09 мг/кг). Наиболее высокое содержание водорастворимой формы йода (4,1 мг/кг) наблюдается в солончаках.

Ближайшим резервом для питания растений служат формы йода, извлекаемые из почвы растворами кислот и щелочей. Йод, находящийся в минералах после их разложения, становится доступным для растений. После минерализации органического вещества в почве повышается содержание микроэлемента и увеличивается его доступность для растений. Содержание солерастворимой формы йода в почвах Западной Сибири (луговая карбонатная, буроземы, литоземы) варьирует от 0,02 до 0,98 мг/кг [20]. Под влиянием почвенных микроорганизмов происходит растворение почвенного йода из труднорастворимых соединений в усвояемые и повышается доступность галогена растениям.

Растения. Йод участвует во многих физиологических и биохимических процессах и оказывает большое влияние на элементный состав и продуктивность растений. В растениях йод находится в составе белков и аминокислот в виде свободных ионов, что и определяет пути участия в их метаболизме. Под влиянием йода улучшается углеводный, азотный, водный обмен растений, интенсивность ростовых процессов и фотосинтетической деятельности [6]. Йод оказывает положительное влияние на количество и качественный состав аминокислот, отношение белкового азота к небелковому, повышает устойчивость полевых культур к неблагоприятным факторам внешней среды.

Основным источником поступления йода в сельскохозяйственные растения является почва. В период вегетации растения характеризуются неодинаковым содержанием йода. Наибольшее его количество наблюдается в начале вегетации растений и уменьшается перед убор-

кой урожая сельскохозяйственных культур [5]. Основными факторами накопления йода в растениях являются уровень содержания подвижной формы элемента в почве и биологические особенности сельскохозяйственных культур.

Растения характеризуются неодинаковым содержанием йода. Среднее содержание йода в растениях колеблется от следовых количеств до 2,50 мг/кг сухого вещества. У кормовых растений наибольшее количество йода концентрируется в корнях и корневищах. Листья характеризуются более высоким содержанием йода в сравнении со стеблями [6]. У растений семейства бобовых содержание йода в 2–3 раза больше, чем в капусте, картофеле и турнепсе. В продуктивной части урожая зерновых культур йода накапливается в 2–11 раз меньше, чем в соломе [6, 21].

По данным В.В. Ковальского, Ю.М. Раецкой, Т.И. Грачева [22], содержание йода в сочных кормах таежной зоны составляет 0,068–0,105 мг/кг, лесостепной – 0,059–0,088 мг/кг и степной – 0,098–0,233 мг/кг сухого вещества. На юге Западной Сибири содержание йода в кормовых травах на черноземах и лугово-черноземных почвах равно 0,3–0,14 мг/кг, в солонцах – 0,15–0,16 мг/кг [4]. Среднее содержание йода в кормовых растениях Республики Бурятия равно 0,11 мг/кг, обеспеченность животных этим элементом составляет 10–25 % [6]. Содержание йода в растениях на почвах с высоким содержанием подвижной формы элемента может достигать 28 мг/кг сухого вещества. При такой концентрации микроэлемента создаются фитогеохимические аномалии галогена в полевых культурах [4]. В агроценозах Красноярского края содержание йода в зеленых кормах колеблется от 0,040 до 0,141 мг/кг, сене злаковых и бобовых трав – 0,77–0,208 мг/кг, кормовом зерне – 0,070–0,154 мг/кг [23]. В кормовых культурах Кемеровской области содержание йода варьирует в пределах от 0,03 до 0,70 мг/кг [14]. Содержание микроэлемента в кормовых растениях менее 0,1 мг/кг сухого вещества является критически низким, 0,1–0,2 – нормальным и 0,8 – 2,0 избыточным. МДУ йода в различных кормах для сельскохозяйственных животных колеблется в пределах 2–5 мг/кг [24].

В растениях многих регионов страны наблюдается дефицит йода. Одним из наиболее эффективных способов оптимизации питания сельско-

хозяйственных культур в земледелии является применение йодных удобрений. В условиях Западной Сибири внесение йодных удобрений способствует повышению всхожести семян, улучшает развитие растений и увеличивает урожайность яровых зерновых культур [6, 25–27]. В земледелии Калининградской области некорневая подкормка растений йодными удобрениями повышала урожайность маслосемян озимого рапса [28]. На Кубани предпосевная обработка семян риса йодными удобрениями улучшает посевные качества семян, выход белка, крахмала и повышает урожайность зерна на 3,27–3,72 ц/га [29].

Заключение. В результате анализа литературных источников установлены общие закономерности содержания йода в почвах и растениях. Концентрация микроэлемента в агроценозах зависит от условий почвообразования, свойств почв, состава почвообразующих пород, количества подвижной формы, климата, техногенных факторов, биологических и видовых особенностей растений. На почвах с дефицитом микроэлемента для оптимизации питания растений, улучшения элементного состава и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур необходимо применение йодных микроудобрений.

Литература

1. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А. [и др.]. Микроэлементы человека. М.: Медицина, 1991. 495 с.
2. Lazarus J.H. The importance of iodine in public health // *Environ. Geochem. Health*. 2015. V. 37. P. 605–618.
3. Аристархов А.Н. Оптимизация полиэлементного состава в агроэкосистемах России. Эколого-агрохимическая оценка состояния, дефицита, резервов, способов и средств управления. М.: ВНИИА, 2019. 832 с.
4. Конарбаева Г.А. Галогены в почвах юга Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 200 с.
5. Шеуджен А.Х. Агробиогеохимия. 2-е изд., перераб и доп. Краснодар: КубГАУ, 2010. 877 с.
6. Кашин В.К. Биогеохимия, физиология и агрохимия йода. Л.: Наука, 1987. 261 с.
7. Конарбаева Г.А., Смоленцев Б.А. Пространственно-генетические особенности

- распределения йода в почвах Западной Сибири // *Агрохимия*. 2018. № 7. С. 85–96.
8. *Покотиллов Ю.Г.* Биогеохимия биосферы и медико-биологические проблемы. Новосибирск, 1993. 165 с.
 9. *Конарбаева Г.А., Демин В.В.* Йод в гумусовом веществе почв юга Западной Сибири // *Агрохимия*. 2011. № 8. С. 73–80.
 10. *Оголева В.П., Бессережнова Н.К.* Уровни содержания и особенности распределения цинка и йода в почвах Волгоградской области // *Агрохимия*. 1985. № 5. С. 80–85.
 11. *Протасова Н.А., Горбунова Н.С., Беляев А.Б.* Биогеохимия микроэлементов в обыкновенных черноземах Воронежской области // *Вестник Воронежского ГУ*. 2015. № 4. С. 100–106.
 12. *Панасин В.И., Вихман М.И., Чечулин Д.С.* [и др.]. Агрохимические особенности распределения йода в почвах агроландшафтов Калининградской области // *Плодородие*. 2019. № 1. С. 31–34.
 13. *Пузанов А.В.* Приоритетные микроэлементы (I, Mn, CO, Cu, Zn, Hg) в наземных экосистемах Тувинской горной области: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2005. 43 с.
 14. *Россолов С.Н.* Использование препаратов селена и йода в комплексе с пробиотиками в кормлении сельскохозяйственных животных в Кемеровской области: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Барнаул, 2012. 44 с.
 15. *Конарбаева Г.А., Якименко В.Н.* Содержание и распределение галогенов в почвенном профиле естественных и антропогенных экосистем юга Западной Сибири // *Вестник Томского ГУ. Биология*. 2012. № 4. С. 21–35.
 16. *Konarbaeva G.* The total content and distribution of iodine in the profile of some soils and plants of Western Siberia 20th World Congress of Soil Science. June 8–13. 2014. Korea, Jeju, p. 85.
 17. *Конарбаева Г.А., Смоленцев В.Б.* Влияние физико-химических свойств заполярной территории Западной Сибири на содержание в них йода // *Агрохимия*. 2014. № 2. С. 50–59.
 18. *Конарбаева Г.А., Смоленцев В.Б., Сапрыкин О.И.* Влияние физико-химических свойств солодей Кулундинской равнины на содержание в них йода // *Агрохимия*. 2015. № 3. С. 72–80.
 19. *Smolentsev B., Konarbaeva G.* Soil characteristic and soil iodine content of trans-polar territory of Pur-Taz interfluvium of Western Siberia // *Open J. Ecol.* 2013. V. 3. № 8. P. 510–517.
 20. *Конарбаева Г.А., Смоленцев В.Б.* Влияние физико-химических свойств буроземов и литоземов Кузнецкого Алатау на распределение в них йода // *Агрохимия*. 2016. № 12. С. 34–41.
 21. *Потатуева Ю.А., Прокофьева Р.И.* Повышение содержания йода в растениях, имеющих пищевое значение // *Микроэлементы в медицине*. 2005. № 4. С. 40–42.
 22. *Ковальский В.В., Раецкая Ю.М., Грачева Т.И.* Микроэлементы в растениях и кормах. М.: Колос, 1971. 233 с.
 23. *Волков А.Д., Танделов Ю.П., Василенко А.А.* [и др.]. Химический состав и питательность кормов Красноярского края. Красноярск: КрасГАУ, 2007. 136 с.
 24. *Временный максимально допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках.* М., 1987. 5 с.
 25. *Синдирева А.В., Курдуманова О.И., Степанова О.В.* [и др.]. Влияние различных способов применения йода на химический состав растений овса // *Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ*. 2016. № 4. С. 6.
 26. *Синдирева А.В., Курдуманова О.И., Степанова О.В.* [и др.]. Экологическая оценка различных способов применения йода калия под зерновые культуры // *Вестник КрасГАУ*. 2017. № 2. С. 134–141.
 27. *Степанова О.В.* Экологическая оценка содержания и действия йода в системе почва – растение в условиях лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тюмень, 2019. 18 с.
 28. *Панасин В.И., Рымаренко Д.А., Вихман М.И.* [и др.]. Действие йодных микроудобрений на урожай и качество озимого рапса // *Агрохимический вестник*. 2019. № 2. С. 39–41.
 29. *Яковлева Е.А.* Влияние йодных и борных удобрений на урожай и качество риса в условиях Кубани: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Краснодар, 2018. 24 с.

Literatura

1. *Авсун А.П., Zhavoronkov A.A., Rish M.A.* [i dr.]. Mikrojelementy cheloveka. M.: Medicina, 1991. 495 s.
2. *Lazarus J.H.* The importanse of iodine in public health // *Environ. Geochem. Health.* 2015. V. 37. P. 605–618.
3. *Aristarhov A.N.* Optimizacija polijelementnogo sostava v agrojekosistemah Rossii. Jekologo-agrohimicheskaja ocenka sostojanija, deficita, rezervov, sposobov i sredstv upravlenija. M.: VNIIA, 2019. 832 s.
4. *Konarbaeva G.A.* Galogeny v pochvah juga Zapadnoj Sibiri. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2004. 200 s.
5. *Sheudzhen A.H.* Agrobiogeohimija. 2-e izd., pererab i dop. Krasnodar: KubGAU, 2010. 877 s.
6. *Kashin V.K.* Biogeohimija, fitofiziologija i agrohimija joda. L.: Nauka, 1987. 261 s.
7. *Konarbaeva G.A., Smolencev B.A.* Prostranstvenno-geneticheskie osobennosti raspredelenija joda v pochvah Zapadnoj Sibiri // *Agrohimija.* 2018. № 7. S. 85–96.
8. *Pokotilov Ju.G.* Biogeohimija biosfery i mediko-biologicheskie problemy. Novosibirsk, 1993. 165 s.
9. *Konarbaeva G.A., Demin V.V.* Jod v gumusovom veshhestve pochv juga Zapadnoj Sibiri // *Agrohimija.* 2011. № 8. S. 73–80.
10. *Ogoleva V.P., Besserezhnova N.K.* Urovni sodержanija i osobennosti raspredelenija cinka i joda v pochvah Volgogradskoj oblasti // *Agrohimija.* 1985. № 5. S. 80–85.
11. *Protasova N.A., Gorbunova N.S., Beljaev A.B.* Biogeohimija mikrojelementov v obyknovennyh chernozemah Voronezhskoj oblasti // *Vestnik Voronezhskogo GU.* 2015. № 4. S. 100–106.
12. *Panasin V.I., Vihman M.I., Chechulin D.S.* [i dr.]. Agrohimicheskie osobennosti raspredelenija joda v pochvah agrolandshaftov Kaliningradskoj oblasti // *Plodorodie.* 2019. № 1. S. 31–34.
13. *Puzanov A.V.* Prioritetnye mikrojelementy (I, Mn, CO, Cu, Zn, Hg) v nazemnyh jekosistemah Tuvinskoj gornoj oblasti: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. Novosibirsk, 2005. 43 s.
14. *Rossolov S.N.* Ispol'zovanie preparatov selena i joda v komplekse s probiotikami v kormlenii sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh v Kemerovskoj oblasti: avtoref. dis. ... d-ra s.-h. nauk. Barnaul, 2012. 44 s.
15. *Konarbaeva G.A., Jakimenko V.N.* Soderzhanie i raspredelenie galogenov v pochvennom profile estestvennyh i antropogennyh jekosistem juga Zapadnoj Sibiri // *Vestnik Tomskogo GU. Biologija.* 2012. № 4. S. 21–35.
16. *Konarbaeva G.* The total content and distribution of iodine in the profile of some soils and plants of Western Siberia 20th World Congress of Soil Science. June 8–13. 2014. Korea, Jeju, p. 85.
17. *Konarbaeva G.A., Smolencev V.B.* Vlijanie fiziko-himicheskikh svojstv zapoljarnoj territorii Zapadnoj Sibiri na sodержanie v nih joda // *Agrohimija.* 2014. № 2. S. 50–59.
18. *Konarbaeva G.A., Smolencev V.B., Saprykin O.I.* Vlijanie fiziko-himicheskikh svojstv solodej Kulundinskoj ravniny na sodержanie v nih joda // *Agrohimija.* 2015. № 3. S. 72–80.
19. *Smolentsev B., Konarbaeva G.* Soil characteristic and soil iodine content of trans-polar territory of Pur-Taz interfluve of Western Siberia // *Open J. Ecol.* 2013. V. 3. № 8. P. 510–517.
20. *Konarbaeva G.A., Smolencev V.B.* Vlijanie fiziko-himicheskikh svojstv burozemov i litozemov Kuzneckogo Alatau na raspredelenie v nih joda // *Agrohimija.* 2016. № 12. S. 34–41.
21. *Potatueva Ju.A., Prokof'eva R.I.* Povyschenie sodержanija joda v rastenijah, imejushhix pishhevoe znachenie // *Mikrojelementy v medicine.* 2005. № 4. S. 40–42.
22. *Koval'skij V.V., Raekaja Ju.M., Gracheva T.I.* Mikrojelementy v rastenijah i kormah. M.: Kolos, 1971. 233 s.
23. *Volkov A.D., Tandelov Ju.P., Vasilenko A.A.* [i dr.]. Himicheskij sostav i pitatel'nost' kormov Krasnojarskogo kraja. Krasnojarsk: KrasGAU, 2007. 136 s.
24. *Vremennyj maksimal'no dopustimyj uroven' (MDU) sodержanija nekotoryh himicheskikh jelementov i gossipola v kormah dlja sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh i kormovyh dobavkah.* M., 1987. 5 s.
25. *Sindireva A.V., Kurdumanova O.I., Stepanova O.V.* [i dr.]. Vlijanie razlichnyh sposobov primenenija joda na himicheskij sostav rastenij

- ovsa // Jelektronnyj nauchno-metodicheskij zhurnal Omskogo GAU. 2016. № 4. S. 6.
26. *Sindireva A.V., Kurdumanova O.I., Stepanova O.V.* [i dr.]. Jekologicheskaja ocenka razlichnyh sposobov primenenija joda kalija pod zernovye kul'tury // Vestnik KrasGAU. 2017. № 2. S. 134–141.
27. *Stepanova O.V.* Jekologicheskaja ocenka sodержanija i dejstvija joda v sisteme pochva – rastenie v uslovijah lesostepi Zapadnoj Sibiri: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Tjumen', 2019. 18 s.
28. *Panasin V.I., Rymarenko D.A., Vihman M.I.* [i dr.]. Dejstvie jodnyh mikroudobrenij na urozhaj i kachestvo ozimogo rapsa // Agrohimicheskij vestnik. 2019. № 2. S. 39–41.
29. *Jakovleva E.A.* Vlijanie jodnyh i bornyh udobrenij na urozhaj i kachestvo risa v uslovijah Kubani: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. Krasnodar, 2018. 24 s.

