

ISSN 1561-8323 (Print)  
ISSN 2524-2431 (Online)

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ**  
**EARTH SCIENCES**

УДК 504.064  
<https://doi.org/10.29235/1561-8323-2018-62-6-739-749>

Поступило в редакцию 01.08.2018  
Received 01.08.2018

**С. Л. Романов<sup>1</sup>, А. Н. Червань<sup>2</sup>, Е. М. Коробова<sup>3</sup>, Т. С. Яблонская<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Геоинформационные системы Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь

<sup>3</sup>Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского Российской академии наук,  
Москва, Российская Федерация

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ЙОДОДЕФИЦИТА  
НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

(Представлено академиком А. А. Махначом)

**Аннотация.** Впервые создана среднemasштабная карта, характеризующая состояние йододефицита на всей территории Беларуси. В сообщении анализируются полученные результаты и рассматривается пространственная специфика экологической обстановки, сложившейся в результате неоднородности содержания йода в почвах. С использованием возможностей специализированной ГИС на уровне административных областей районов была выделена зона повышенного йододефицита, которая дифференцирована по уровню риска возникновения йододефицитных заболеваний. В результате пространственного геоинформационного анализа для Беларуси впервые были выделены территории умеренного, значительного и наибольшего риска, которые должны стать объектами первоочередного контроля, непосредственно нуждающимися в целевом проведении адресной профилактики населения.

**Ключевые слова:** йододефицит, риск, ГИС-технология, картографическая оценка, профилактика

**Для цитирования:** Особенности проявления йододефицита на территории Республики Беларусь / С. Л. Романов [и др.] // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2018. – Т. 62, № 6. – С. 739–749. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2018-62-6-739-749>

**Sergey L. Romanov<sup>1</sup>, Aliaksandr N. Chervan<sup>2</sup>, Elena M. Korobova<sup>3</sup>, Tatiana S. Yablonskaya<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Geoinformation systems of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

<sup>3</sup>Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of the Russian Academy of Sciences,  
Moscow, Russian Federation

**FEATURES OF IODINE DEFICIENCY IN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

(Communicated by Academician Anatoly A. Makhnach)

**Abstract.** A medium-scale map of iodine deficiency in the territory of the Republic of Belarus was created for the first time. The map characterizes in detail a spatial variation of iodine concentration in soils of Belarus. The article analyzes a spatial specificity of the ecological situation formed as a result of heterogeneity of the iodine content in soils. Using the means of a specialized GIS, the area of high iodine deficiency was identified at the level of administrative regions. The identified area was further differentiated in terms of different level of ecological risk due to a natural soil iodine deficiency. As a result of such geoinformation analysis, the areas of moderate, significant and greatest risks were established in the territory of Belarus. These regions should become the objects of high priority monitoring and are directly in need of targeted preventive measures.

**Keywords:** iodine deficiency, risk, GIS-technology, cartographic evaluation, prevention

**For citation:** Romanov S. L., Chervan A. N., Korobova E. M., Yablonskaya T. S. Features of iodine deficiency in the territory of the Republic of Belarus. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2018, vol. 62, no. 6, pp. 739–749 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2018-62-6-739-749>

**Введение.** Наличие безусловной связи между числом заболеваний щитовидной железы (ЩЖ) и содержанием йода в воде и продуктах питания было установлено более 100 лет назад. За истекшее время хорошо изучен механизм возникновения эндемических болезней ЩЖ, описаны особенности круговорота йода в окружающей среде и оценены уровни его содержания в разных типах почв и пород. В середине XX в. А. П. Виноградовым [1] и В. В. Ковальским [2] были определены параметры оптимально достаточного содержания йода в почве, а в пределах планеты были выделены зоны, характеризующиеся опасным для здоровья уровнем йододефицита, к числу которых была отнесена и территория Республики Беларусь. А поскольку более 90 % необходимого йода поступает в организм человека с местными продуктами питания и водой, то очевидно, что создание карты, детально характеризующей пространственную неоднородность распределения йода в почвах, может в решающей степени повысить эффективность профилактических мероприятий и способствовать решению задачи сокращения йододефицитных заболеваний (ЙДЗ), в том числе и рака щитовидной железы (РЩЖ) [3; 4].

Принципиальная возможность создания такой карты определяется наличием карты почв Беларуси, в легенде которой заложены настолько большие объемы разнообразной атрибутивной информации, что это позволило методически корректно создать на ее основе сателлитную карту йододефицита. В картографии такой подход называется интерпретационным и его смысл состоит в целенаправленной трансформации легенды при сохранении базовой карты в качестве контурной основы. При этом каждому из уже имеющихся на карте объектов ставится в соответствие набор тематических характеристик, которые либо заимствуются из содержания существующей легенды, либо присваиваются в соответствии с имеющейся информацией о качественных или количественных параметрах этих объектов.

Данный подход правомерен еще и потому, что фундаментальные исследования российских и белорусских ученых [2; 5–16] не только продемонстрировали безусловное наличие связи между содержанием йода и типом почвы, но и позволили охарактеризовать его количественное содержание для практически всех контуров среднemasштабной почвенной карты.

**Состояние проблемы.** Предлагаемый подход не является принципиально новым. Так, картосхема распределения йода в почвообразующих породах была построена на базе геологической карты четвертичных отложений под руководством К. И. Лукашева [11]. Затем на базе почвенной

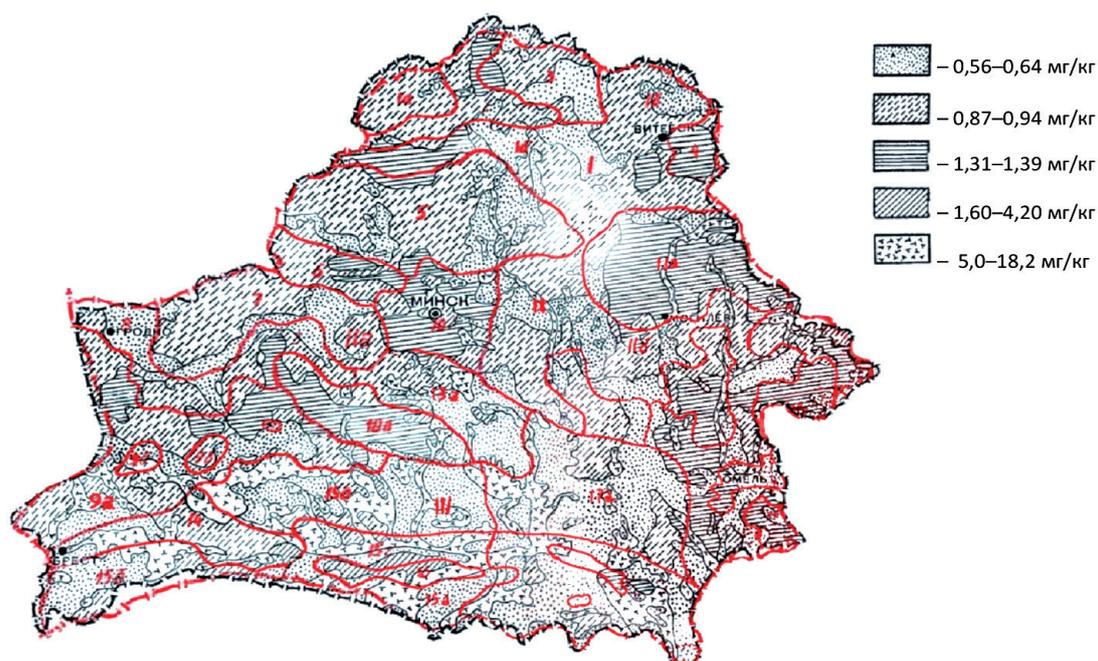


Рис. 1. Картосхема обеспеченности почв Беларуси валовым йодом [12] с наложением схемы почвенно-геохимического районирования [13]

Fig. 1. The map of the iodine content in soils of Belarus [12] with the overlapping of a scheme of soil-geochemical zoning [13]

карты были созданы карты Ю. Н. Зборищука и Н. Г. Зырина [14], позже появилась карта В. А. Ковды [5], характеризующие территорию Беларуси в пределах европейской части бывшего СССР. Все эти карты создавались на разном материале, сильно различались между собой и имели предельно низкий уровень детальности.

На картосхеме, построенной Л. И. Лозовским в 1971 г. [12] (рис. 1), помимо почв зонального типа были отражены и некоторые интразональные объекты, такие как поймы больших рек, крупные болотные массивы и др., благодаря чему она позволяла характеризовать обеспеченность йодом на уровне областей или крупных природных регионов. Данная схема дала возможность выделить на общем фоне всего один регион, характеризующийся заметно более низким содержанием йода в почвах Беларуси – западное и центральное Полесье.

Эти результаты позволили уточнить выводы о низкой, средней обеспеченности почв Беларуси йодом (1,3–1,4 мг/кг, при оптимуме 5 мг/кг [2]) и о большом разбросе наблюдаемых значений концентрации в диапазоне от 0,14 до 18,8 мг/кг [12].

Данной схеме, к сожалению, присущ ряд существенных недостатков, произошедших в результате глубокой генерализации базовой топоосновы (почвенной карты масштаба 1 : 200000), что привело к потере всего класса интразональных контуров, к трансформации границ и к нарушению соотношения площадей, занятых почвами одного типа. При этом следует учитывать и то, что схема Л. И. Лозовского была создана на основе всего 12 репрезентативных выборок, характеризующих 11 разновидностей почв Беларуси из 94, представленных на базовой карте.

Еще одной попыткой картографически отразить характер пространственной неоднородности йододефицита стала карта, построенная в 2000 г. Т. В. Мохорт и др. по данным ренальной экстрекции йода у школьников [17]. Недостатком этой схемы явился малый объем первичной выборки, состоящей всего из 30 точек, что не позволило репрезентативно воспроизвести характер реально существующей пространственной неоднородности.

Таким образом, изученность йодной проблемы на территории Беларуси до последнего времени оставалась явно недостаточной, причем главный недостаток состоял в том, что все имеющиеся карты характеризовались крайне низким уровнем детальности.

**Предпосылки к созданию новой карты йододефицита.** Необходимость создания детальной карты йододефицита определяется в первую очередь практической потребностью в такой информации, поскольку современное состояние эпидемиологической обстановки в республике по ряду причин далеко от оптимального [17]. Причины состоят в следующем:

низкий уровень ЙДЗ на территории Беларуси является исключительно результатом профилактических мероприятий, проводимых правительством Республики Беларусь, но ни в коем случае не следствием изменения природных условий, которые, как показал опыт 1980–1990-х годов, способны быстро спровоцировать зобную эндемию со средним уровнем заболеваемости детей на уровне более 30 % [18; 19];

на данный момент профилактическими мероприятиями охвачено 74 % населения, но даже если этот показатель удастся удержать на достигнутом уровне, численность граждан Беларуси, находящихся в группе риска, составит более 2,5 млн чел., в числе которых наибольшей опасности подвергается именно сельское население [16; 19; 20];

в почвах Беларуси наблюдается большой разброс содержания йода, что при повышении уровня детальности позволяет не только обнаруживать территории повышенного риска (первоочередного контроля), но и искать локальные источники дополнительного поступления йода в рацион местного населения;

за последнее время была не только создана и уточнена цифровая карта почвенного покрова Беларуси, но и собраны большие объемы информации, характеризующей содержание йода в почвах и породах, причем число накопленных таким образом йодных кларков достаточно для оценки всего разнообразия почв, представленных в классификационном перечне.

В этом отношении почвенная карта масштаба 1 : 500000, взятая в качестве картографической основы для построения карты йододефицита, обладает следующим набором преимуществ:

высокий уровень детальности почвенной съемки сочетается с использованием качественной топографии, что позволяет многократно превзойти достигнутый ранее уровень точности;

уровень детальности соразмерен площадным параметрам севооборотных контуров, что обеспечивает строгое пространственное позиционирование населенных пунктов и позволяет исключить из подсчета площади, не задействованные в производстве сельхозпродукции;

благодаря глубоко проработанной легенде такая карта обеспечивает полную унификацию атрибутивных показателей, фиксируемых для всех почвенных таксонов [7; 12; 21; 22].

Е. М. Коробовой собраны, систематизированы и уточнены данные о содержании стабильного йода в почвах практически всех типов и видов, встречающихся на территории республики, что позволило не только построить репрезентативную легенду новой карты йододефицита, но и учесть различия, обусловленные гранулометрическим составом, возрастом и генезисом почвообразующих пород [23].

### **Пространственная неоднородность природного йододефицита на территории Беларуси.**

Новая карта йододефицита была создана с помощью специализированной ГИС. При этом процедура построения была последовательно алгоритмизирована до уровня технологии, в рамках которой каждому из контуров было сопоставлено определенное значение обеспеченности йодом, соответствующее его типовой и видовой принадлежности.

Полученный результат представлял собой векторную цифровую карту, что давало возможность с высокой точностью характеризовать интегральный уровень йододефицита в произвольно выбранной части Беларуси, включая районы и даже отдельные НП.

В легенде полученной карты были выделены пять типов территорий, различающихся по уровню йододефицита, от первой (0,64–0,945 мг/кг) и до пятой (2,79–5,31 мг/кг). Недавние исследования Е. Кардис и соавт., проведенные в том числе и на пострадавшей в результате аварии на ЧАЭС территории Беларуси, показали, что в тех случаях, когда содержание йода в наиболее распространенной супесчаной почве падало ниже значения 1,47 мг/кг это повсеместно приводило к устойчивому росту числа случаев РЩЖ у детей [24]. Поэтому базовый критерий разбивки диапазонов был выбран согласно этому порогу. Кроме того, при создании легенды была учтена мера площади, занимаемой почвами с определенными параметрами обеспеченности, а также соблюдено правило непрерывности шкалы и относительного равенства выделенных диапазонов.

Поскольку технология создания данной карты ранее уже была детально описана [23], главной задачей данного сообщения явилась интерпретация полученных результатов, что в первую очередь предполагало описание пространственной специфики распределения йода в почвах Беларуси. Так, если на карте В. А. Ковды [5] идентифицировалось 10 контуров, на карте Л. И. Лозовского [12] – около 100, то на карте 2017 г. [23] их стало уже более 2500 (рис. 2).

Достигнутый уровень детальности позволил контролировать структуру йододефицита на уровне практически любых природных регионов, но проведенный анализ показал, что на макроуровне пространственная неоднородность выражена слабо и определяется в первую очередь геоморфологическими особенностями формирования почвенного покрова, благодаря чему наиболее богатые йодом почвы приурочены к пойменным и заболоченным участкам речных долин, а наиболее бедные к водораздельным и склоновым территориям, сложенным древнеаллювиальными и флювиогляциальными песками.

Исследования [11; 12; 14; 21] в свое время свидетельствовали о наличии положительной корреляции ( $r = 0,93$ ) между содержанием йода и содержанием илистой ( $>0,05$  мм – по классификации USDA, FAO) фракции в верхних почвенных горизонтах. Проведенный картографический анализ позволил подтвердить справедливость данного утверждения, так как выявил наличие связи между содержанием йода и распространением пород разного гранулометрического состава, формирующих местные коры выветривания. Средний уровень обеспеченности почв йодом заметно растет в зоне моренных гряд, где преобладают суглинистые породы, в районах Полесья, где сосредоточены крупные массивы пород полугидроморфного и гидроморфного генезиса, а также существенно увеличивается в почвах Белорусского Поозерья, где доминирующую роль играют породы среднего и тяжелого гранулометрического состава [25].

**Комплексная оценка состояния йододефицита и уровень риска возникновения ЙДЗ для населения Беларуси.** Наличие векторной среднemasштабной карты позволило использовать богатые возможности существующих ГИС-технологий, которые дали возможность не только

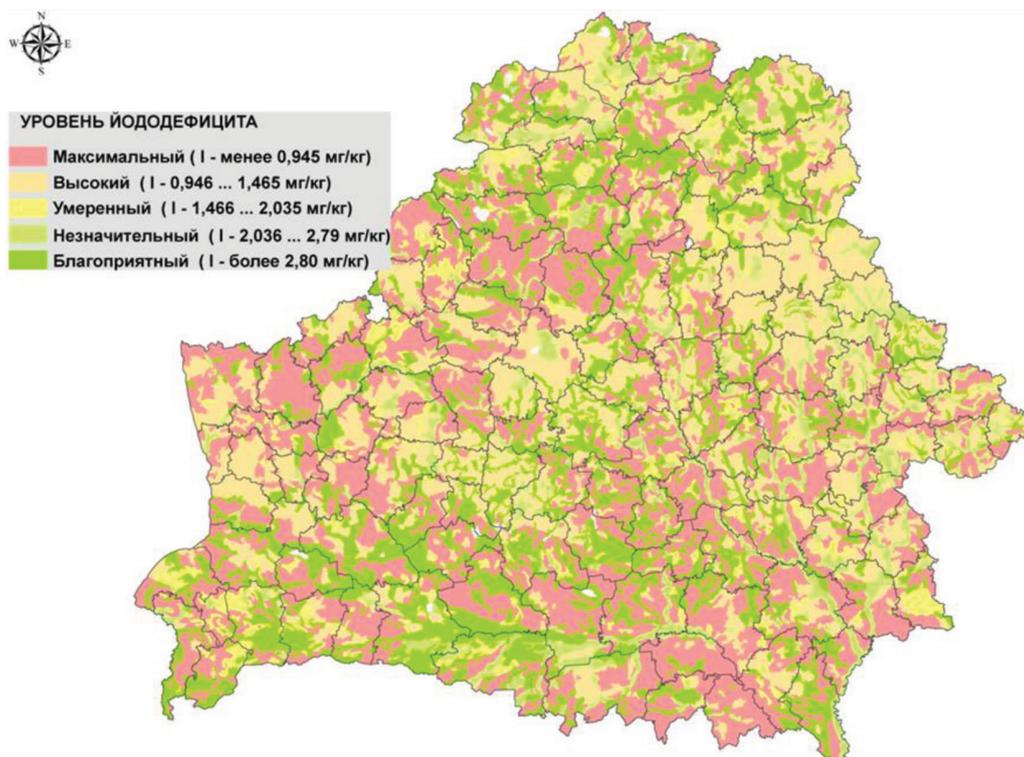


Рис. 2. Карта природного йододефицита на территории Республики Беларусь [23]

Fig. 2. The map of natural iodine deficiency in the territory of the Republic of Belarus [23]

оценить уровень природного йододефицита во всех 118 районах и 15780 крупнейших населенных пунктах Беларуси, но и определить меру риска возникновения ЙДЗ, обусловленную уровнем этого дефицита, для чего была разработана специальная процедура оценки экологического состояния площадных объектов.

Выбор критериев отнесения объекта к той или иной категории риска был осуществлен экспертно, исходя из параметров ситуации, реально сложившейся на той или иной территории республики. В результате к зонам наибольшего риска были причислены территории, в пределах которых либо более 65 % общей площади характеризовались максимальным йододефицитом, либо территории, для которых доля площади, занятая почвами с максимальным и высоким уровнем йододефицита, превышала 80 %. Значительному уровню риска соответствуют аналогичные показатели со значениям 60 и 70 %, а умеренному риску, соответственно 50 и 60 %.

Общая процедура оценки риска возникновения ЙДЗ на территории республики осуществлялась поэтапно. На первом этапе был выполнен анализ риска на уровне административных районов республики – при этом были не только выделены районы, попадающие в разные категории риска, но и отдельно рассчитаны показатели по каждой области, для которых была вычислена доля от общего количества населенных пунктов и процент населения, проживающего в опасных экологических условиях (табл. 1). Подобный анализ был выполнен впервые и, несомненно, имеет важное практическое значение. Однако возможности системы позволили осуществить значительно более детальный и точный анализ ситуации, характеризующий специфику распределения риска возникновения ЙДЗ.

Для этого было проанализировано состояние только наиболее уязвимых районов республики, для которых уровень риска возникновения ЙДЗ оценивался уже по трем показателям: количеству подверженных дефициту НП, общему количеству населения, проживающему в той или иной зоне риска, а также по уровню дефицита йода, наблюдаемого в структуре почвенного покрова буферной зоны, находящейся в радиусе 250 м от центра анализируемого НП. Такой подход был также впервые реализован на территории Беларуси, и его преимущество состоит в том, что риск ЙДЗ был учтен уже не в виде среднего показателя по району, а адресно, с учетом условий

Таблица 1. Оценка риска йоддефицита на уровне областей и районов Республики Беларусь  
 Table 1. Iodine deficiency assessment at the level of regions and districts of the Republic of Belarus

| Область     | Риск йоддефицита   |                          |                           |   |                          |            |   |                          |           |       | Риск на уровне области |                          |           |
|-------------|--|--------------------------|---------------------------|---|--------------------------|------------|---|--------------------------|-----------|-------|------------------------|--------------------------|-----------|
|             | Наибольший*  | Доля от общего кол-ва, % |                           | Значительный**  | Доля от общего кол-ва, % |            | Умеренный***  | Доля от общего кол-ва, % |           | Всего |                        |                          |           |
|             |  | НП                       | Население                 |   | НП                       | Население  |   | НП                       | Население | НП    | Население              | Доля от общего кол-ва, % |           |
|             |  |                          |                           |   |                          |            |   |                          |           |       |                        | НП                       | Население |
| Брестская   | –  | –                        | Барановичский, Пружанский | 12,5  | 19,6                     | Ивановский | 6,3   | 3,7                      | 18,8      | 23,3  | низкий                 |                          |           |
| Витебская   | Оршанский, Толочинский   | 9,5                      | 14,2                      | Дубровенский, Лиозненский   | 9,5                      | 3,0        | Чашникский  | 4,8                      | 2,3       | 23,8  | 19,5                   | низкий                   |           |
| Гродненская | Берестовицкий, Волковысский, Гродненский, Зельвенский, Щучинский | 29,4                     | 47,8                      | Вороновский, Мостовский, Островецкий, Ошмянский, Свислочский, Слонимский                  | 35,3                     | 20,7       | Дятловский, Кореличский, Лидский, Новогрудский  | 23,5                     | 23,2      | 88,2  | 91,7                   | высокий                  |           |
| Гомельская  | Мозырский, Наровлянский  | 9,5                      | 9,4                       | Ветковский, Гомельский, Калининковский, Кормянский, Дельчицкий, Рогачевский, Чечерский    | 33,3                     | 51,5       | Буда-Кощелевский, Ельский, Речицкий, Хойникский   | 19,1                     | 13,3      | 61,9  | 74,2                   | высокий                  |           |
| Минская     | Вилейский, Минский   | 9,1                      | 13,4                      | Воложинский, Дзержинский, Логойский, Молодечненский, Несвижский, Столбцовский, Червенский | 31,8                     | 27,7       | Березинский, Борисовский, Копыльский, Крупский, Смолевичский, Узденский   | 27,3                     | 28,5      | 68,2  | 69,6                   | средний                  |           |
| Могилевская | Круглянский  | 4,8                      | 1,6                       | Бобруйский, Могилевский, Чериковский, Шкловский   | 19,1                     | 58,6       | Белыничский, Быховский, Горецкий, Кировский, Климовичский, Краснопольский, Кричевский, Костюковичский, Славгородский, Хотимский | 47,6                     | 25,3      | 71,5  | 85,5                   | высокий                  |           |

Примечания: \* – 1 + 2 категории более 80 % или 1 категории более 65 % общей площади; \*\* – 1 + 2 категории более 70 % или 1 категории более 60 % общей площади; \*\*\* – 1 + 2 категории более 60 % или 1 категории более 50 % общей площади.

Notes: \* – 1 + 2 categories – more than 80 % or 1 category – 65 % of total area; \*\* – 1 + 2 categories – more than 70 % or 1 category – more than 60 % of total area; \*\*\* – 1 + 2 categories – more than 60 % or 1 category – more than 50 % of total area.

Таблица 2. Дифференциация земель и населения районов группы наибольшего риска по категориям природного недостатка валового йода  
 Table 2. Differentiation of the land and the population of the districts of the largest risk group in terms of a natural soil iodine deficiency

| Область            | Район         | Площадь I и II категории по району, тыс. га | Категория йододефицита в разрезе населенных пунктов |   |              |                          |   |              |                          |   |              |                            |   |              |                       |   |              |
|--------------------|---------------|---|---|---|--------------|--------------------------|---|--------------|--------------------------|---|--------------|----------------------------|---|--------------|-----------------------|---|--------------|
|                    |               |   | Первая (высшая) 0,64–0,945 мг/кг                    |   |              | Вторая 0,945–1,465 мг/кг |   |              | Третья 1,465–2,035 мг/кг |   |              | Четвертая 2,035–2,79 мг/кг |   |              | Пятая 2,79–5,31 мг/кг |   |              |
|                    |               |   | Кол-во НП   | Площадь НП и буферной зоны 250 м, тыс. га | Население, % | Кол-во НП                | Площадь НП и буферной зоны 250 м, тыс. га | Население, % | Кол-во НП                | Площадь НП и буферной зоны 250 м, тыс. га | Население, % | Кол-во НП                  | Площадь НП и буферной зоны 250 м, тыс. га | Население, % | Кол-во НП             | Площадь НП и буферной зоны 250 м, тыс. га | Население, % |
| Витебская          | Оршанский     | 142,5                                       | 7   | 3,4                                       | 1,9          | 73                       | 29,2                                      | 97,6         | 5                        | 2,1                                       | 0,3          | 2                          | 0,6                                       | 0,1          | 2                     | 0,7                                       | 0,2          |
|                    | Толочинский   | 128,8                                       | 3   | 0,7                                       | 0,4          | 73                       | 22,9                                      | 96,6         | 4                        | 2,1                                       | 1,8          | 4                          | 1,2                                       | 1,1          | 1                     | 0,4                                       | 0,2          |
| Минская и г. Минск | Вилейский     | 170   | 77  | 20,0                                      | 32,1         | 6                        | 1,8                                       | 2,0          | 7                        | 2,1                                       | 3,5          | 14                         | 5,3                                       | 59,7         | 9                     | 2,4                                       | 2,8          |
|                    | Минский       | 183,1                                       | 14  | 2,4                                       | 0,33         | 72                       | 19,7                                      | 6,78         | 2                        | 18,5                                      | 91,64        | 14                         | 3,9                                       | 0,55         | 4                     | 1,2                                       | 0,70         |
| Гродненская        | Берестовицкий | 64,6  | 11  | 2,7                                       | 14,75        | 20                       | 5,2                                       | 81,93        | 1                        | 0,2                                       | 0,57         | 4                          | 1,5                                       | 2,75         | 0                     | 0,0                                       | 0,00         |
|                    | Волковьский   | 110,3                                       | 13  | 4,4                                       | 50,93        | 33                       | 8,4                                       | 46,53        | 0                        | 0,0                                       | 0,00         | 0                          | 0,0                                       | 0,00         | 4                     | 1,0                                       | 2,54         |
|                    | Гродненский   | 245,8                                       | 39  | 14,2                                      | 96,26        | 49                       | 16,1                                      | 3,49         | 1                        | 0,2                                       | 0,02         | 4                          | 1,2                                       | 0,11         | 5                     | 1,1                                       | 0,11         |
|                    | Зельвенский   | 71,8  | 21  | 6,1                                       | 33,77        | 16                       | 5,8                                       | 58,99        | 1                        | 0,0                                       | 0,27         | 2                          | 0,5                                       | 1,83         | 4                     | 1,3                                       | 5,14         |
| Могилевская        | Щучинский     | 156,9                                       | 56  | 14,6                                      | 84,10        | 5                        | 1,0                                       | 1,68         | 1                        | 0,4                                       | 1,33         | 1                          | 0,1                                       | 0,33         | 11                    | 3,2                                       | 12,56        |
|                    | Круглянский   | 74,7  | 2   | 0,3                                       | 1,22         | 33                       | 10,2                                      | 86,25        | 5                        | 1,8                                       | 3,53         | 7                          | 1,8                                       | 4,16         | 7                     | 1,4                                       | 4,83         |
| Гомельская         | Мозырский     | 131,4                                       | 46  | 14,6                                      | 34,05        | 6                        | 2,6                                       | 2,43         | 2                        | 1,9                                       | 58,61        | 4                          | 2,5                                       | 4,46         | 5                     | 1,3                                       | 0,45         |
|                    | Наровлянский  | 149,5                                       | 50  | 17,6                                      | 94,86        | 9                        | 3,5                                       | 4,37         | 0                        | 0,0                                       | 0,00         | 1                          | 0,2                                       | 0,37         | 1                     | 0,2                                       | 0,40         |

проживания. А поскольку в этих случаях речь шла о качественно разном риске, для исследованных районов были выделены разные оценочные категории, демонстрирующие высокий, средний и низкий уровень риска возникновения ЙДЗ (табл. 2).

Результаты, представленные в табл. 1 и 2, показывают, что в Беларуси уже на уровне отдельных областей наблюдается весьма значительная разница условий обеспеченности почв йодом. При этом относительно благополучная обстановка отмечена только на территории Витебской и Брестской областей, где процент населения, проживающего в экологически неблагоприятных условиях, составляет соответственно 23,8 и 18,8 %. Максимально высокий уровень риска наблюдается в Гродненской области, где площадь земель, относящихся к высшей категории риска (0,64–1,465 мг/кг) составляет 649,4 тыс. га и занимает 25,8 % площади. Причем в зоне наибольшего риска проживает почти половина (47,8 %) жителей области, а 91,7 % населения постоянно находится в экологически неблагоприятных условиях.

Весьма высокий уровень риска наблюдается также в Могилевской и Гомельской областях, в которых, несмотря на в целом незначительную площадь земель с высоким и средним уровнем йододефицита, общее количество населения, проживающего в неблагоприятных условиях составляет соответственно 85,5 и 74,2 %. Территория Минской области отнесена к зоне среднего риска, где наибольшему и значительному риску подвержено только 41,1 % населения.

При оценке риска ЙДЗ на уровне отдельных районов главным критерием выступила мера площади почв в радиусе 250 м от центра исследуемого НП, причем детальному анализу в данном случае подвергались только районы с наибольшим риском – те, в которых общая площадь почв, относящихся к первой (0,64–0,945 мг/кг) и второй (0,945–1,465 мг/кг) категории йододефицита, превышала 65 % общей площади района. Как это видно из содержания рис. 3, детальное рассмотрение проблемы ЙДЗ на уровне отдельных НП дает результат, несколько отличающийся от полученного ранее.

Так, в наибольшей мере дефицит йода оказался опасен для населения Гродненской, Минской и Могилевской областей, поскольку в каждой из этих областей наибольшему риску подвержены не менее 15 административных районов. Почвенный покров Гомельской области способствует дифференциации условий проявления ЙДЗ: от незначительного (8 районов) до наибольшего (Мозырский и Наровлянский районы). Районы, относящиеся к Брестской и Витебской областям,

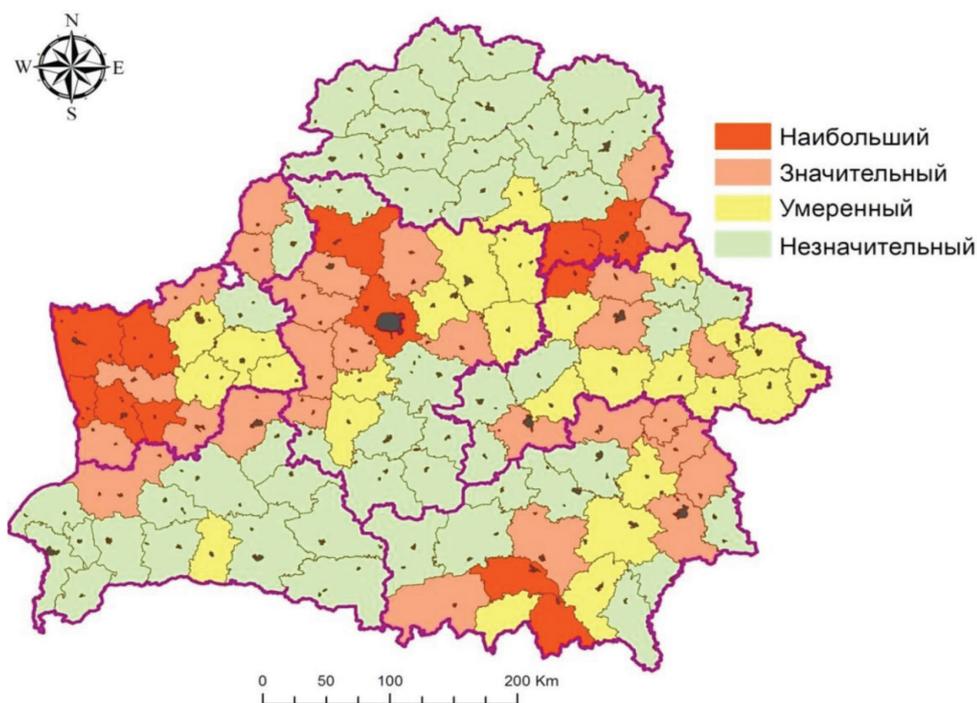


Рис. 3. Карта риска возникновения ЙДЗ для населения административных районов Республики Беларусь  
Fig. 3. The map of risk of IHD occurrence for the population in borders of administrative areas of the Republic of Belarus

характеризуются в целом невысоким уровнем риска. Исключение составляют Барановичский и Пружанский районы Брестской области, а также Оршанский и Толочинский районы Витебской.

Результаты, представленные в табл. 2, показывают, что с помощью новой цифровой карты удалось точнее и детальнее, чем когда-либо ранее охарактеризовать пространственную неоднородность распределения риска ЙДЗ на территории Беларуси. Например, в Минском районе, несмотря на приуроченность места проживания большинства населения к третьей категории йододефицита (из-за большого удельного веса населения собственно Минска), выявлены еще 14 НП, относящихся к зоне высокого и 72 – к зоне среднего риска.

Аналогичная ситуация, когда на территориях, характеризующихся в среднем умеренным уровнем йододефицита, значительное количество жителей все же подвергается высокому риску возникновения ЙДЗ, отмечена в Оршанском и Толочинском районах Витебской области, Берестовицком и Зельвенском районах Гродненской, а также Круглянском районе Могилевской области. Хорошим примером здесь служат и территории Вилейского и Мозырского районов, где население райцентров проживает в зоне умеренного дефицита, в то время как большая часть остальных НП – соответственно 77 и 46 % подвержена наибольшему и значительному риску.

Следует также отметить, что разработанные методические подходы носят универсальный характер и могут применяться для анализа эколого-геохимической обстановки практически любой территории, причем не только применительно к оценке состояния йододефицита.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Российского фонда фундаментальных исследований (проект № X16P-186).

**Acknowledgements.** The work was sponsored by the Belarusian Republican Foundation of Fundamental Research (Project No. X16P-186).

#### Список использованных источников

1. Виноградов, А. П. Йод в природе / А. П. Виноградов // Природа. – 1927. – № 9. – С. 670–678.
2. Ковальский, В. В. Биологическая роль йода / В. В. Ковальский. – М., 1972. – С. 3–32.
3. Антонова, М. С. Борьба с йод-дефицитом: история и современность [Электронный ресурс] / М. С. Антонова // Исследовано в России. – 2004. – № 7. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/borba-s-yod-defitsitom-istoriya-i-sovremennost>.
4. Iodine status of UK schoolgirls: a cross-sectional survey / M. Vanderpump [et al.] // The Lancet. – 2007. – Vol. 377, N 9782. – P. 2007–2012. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(11\)60693-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(11)60693-4)
5. Ковда, В. А. Биогеохимия почвенного покрова / В. А. Ковда. – М., 1985. – 261 с.
6. Вильямс, В. Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения / В. Р. Вильямс. – М., 1946. – 458 с.
7. Глазовская, М. А. Биогеохимическая организованность экологического пространства в природных и антропогенных ландшафтах как критерий их устойчивости / М. А. Глазовская // Изв. РАН. Сер. географическая. – 1992. – № 5. – С. 5–12.
8. Романова, Т. А. Диагностика почв Белоруссии и их классификация в системе ФАО-WRB / Т. А. Романова. – Минск, 2004. – 427 с.
9. Фридланд, В. М. Структура почвенного покрова / В. М. Фридланд. – М., 1972. – 423 с.
10. Ковальский, В. В. Геохимическая экология / В. В. Ковальский. – М., 1974. – 282 с.
11. Лукашев, К. И. Ландшафтно-геохимические исследования в Белорусской ССР в связи с эндемическим зобом / К. И. Лукашев, С. Г. Комракова // Известия ВГО. – 1986. – Т. 118, вып. 1. – С. 75–83.
12. Лозовский, Л. И. Йод в почвах Беларуси: автореф. ... канд. биол. наук / Л. И. Лозовский. – Минск, 1971. – 18 с.
13. Петухова, Н. Н. Геохимия почв Белорусской ССР / Н. Н. Петухова. – Минск, 1987. – 229 с.
14. Зборищук, Ю. Н. Содержание йода в пахотном слое почв Европейской части СССР / Ю. Н. Зборищук // Почвоведение. – 1975. – № 9. – С. 49.
15. Evaluation of stable iodine status of the areas affected by the Chernobyl accident in an epidemiological study in Belarus and the Russian Federation / E. Korobova [et al.] // Journal of Geochemical Exploration. – 2010. – Vol. 107, N 2. – P. 123–135. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2010.08.005>
16. Проблема йодного дефицита и пути ее решения в Республике Беларусь / Т. В. Мохорт [и др.] // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. мед. навук. – 2006. – № 2. – С. 23–28.
17. Йодный дефицит в Беларуси и методы его коррекции и профилактики: метод. рекомендации / Т. В. Мохорт [и др.]. – Минск, 2001. – 22 с.
18. Стратегия устранения йодного дефицита в Республике Беларусь: Оценка результатов 10-летней работы / В. И. Качан [и др.] // Клиническая и экспериментальная териоидология. – 2010. – Т. 6, № 3. – С. 30–34. <https://doi.org/10.14341/ket20106330-34>
19. Состояние йодной обеспеченности и распространенности зоба у детей школьного возраста Беларуси / С. В. Петренко [и др.] // Экологический вестник. – 2007. – № 2. – С. 25–32.

20. Исследование распространенности зоба и экскреции йода с мочой у детей и подростков, родившихся до и после Чернобыльской аварии, как важных факторов оценки тиреоидной патологии, наблюдаемой в Республике Беларусь (протокол совместного международного исследования) / А. Н. Стожаров [и др.] // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. Аналитико-информационный бюллетень. – 1997. – № 2. – С. 36–44.
21. Коробова, Е. М. Йод в ландшафтах Нечерноземного центра Русской равнины / Е. М. Коробова, Э. Б. Тюрюканова // Геохимия. – 1984. – № 9. – С. 1378–1388.
22. Оценка йодного статуса почв Брянской области с использованием ГИС-технологии / Е. М. Коробова [и др.] // Моделирование при решении геоэкологических задач. – М., 2009. – Вып. 11. – С. 51–55.
23. Методические принципы построения карты йододефицита на территории Беларуси / С. Л. Романов [и др.] // Вестн. Фонда фундаментальных исследований. – 2017. – № 3. – С. 118–135.
24. Risk of thyroid cancer after exposure to 131I in childhood / E. Cardis [et al.] // J. of Nat. Cancer Institute. – 2005. – Vol. 97, N 10. – P. 724–732. <https://doi.org/10.1093/jnci/dji129>
25. Матвеев, А. В. Геохимия четвертичных отложений Беларуси / А. В. Матвеев, В. Е. Бордон. – Минск, 2013. – 191 с.

## References

- Vinogradov A. P. Iodine in nature. *Priroda = Nature*, 1927, no. 9, pp. 670–678 (in Russian).
- Koval'skii V. V. *The biological role of iodine*. Moscow, Kolos Publ., 1972, pp. 3–32 (in Russian).
- Antonova M. S. Fighting iodine deficiency: history and modern times. *Issledovano v Rossii [Investigated in Russia]*, 2004, no. 7. Available at: <http://zhurnal.ape.relarn.ru> (in Russian).
- Vanderpump M., Lazarus J. H., Smyth P. P., Laurberg P., Holder R. L., Boelaert K., Franklyn J. A. Iodine status of UK schoolgirls: a cross-sectional survey. *The Lancet*, 2011, vol. 377, no. 9782, pp. 2007–2012. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(11\)60693-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(11)60693-4)
- Kovda V. A. *Biogeochemistry of soil cover*. Moscow, 1985. 261 p. (in Russian).
- Vil'yams V. R. *Soil science. Farming with the basics of soil science*. Moscow, 1946. 458 p. (in Russian).
- Glazovskaya M. A. Biogeochemical organization of ecological space in natural and anthropogenic landscapes as a criterion for their sustainability. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya = Regional Research of Russia*, 1992, no. 5, pp. 5–12 (in Russian).
- Romanova T. A. *Soil diagnostics of Belarus and their classification in the FAO-WRB system*. Minsk, 2004. 427 p. (in Russian).
- Fridland V. M. *Soil cover structure*. Moscow, 1972. 423 p. (in Russian).
- Koval'skii V. V. *Geochemical ecology*. Moscow, 1974. 282 p. (in Russian).
- Lukashev K. I., Komrakova S. G. Landscape-geochemical studies in the Byelorussian SSR in connection with endemic goiter. *Izvestiya Vserossiiskogo geografičeskogo obščestva [News of the All-Union Geographical Society]*, 1986, vol. 118, no. 1, pp. 75–83 (in Russian).
- Lozovskii L. I. *Iodine in the soils of Belarus*. Minsk, 1971. 18 p. (in Russian).
- Petukhova N. N. *Soil Geochemistry of the Byelorussian SSR*. Minsk, 1987. 229 p. (in Russian).
- Zborishchuk Yu. N. The content of iodine in the arable layer of the soil of the European part of the USSR. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*, 1975, no. 9, p. 49 (in Russian).
- Korobova E., Anoshko Y., Kesminiene A., Kouvyline A., Romanov S., Tenet V., Suonio E., Cardis E. Evaluation of stable iodine status of the areas affected by the Chernobyl accident in an epidemiological study in Belarus and the Russian Federation. *Journal of Geochemical Exploration*, 2010, vol. 107, no. 2, pp. 123–135. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2010.08.005>
- Mokhort T. V., Kholodova E. A., Kolomiets N. D., Mokhort E. G. Problem of iodine deficiency and the ways of its solution in the Republic of Belarus. *Vesti Natsyonal'naya akademii navuk Belarusi. Seriya medytsynskikh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, medical series*, 2006, no. 2, pp. 23–28 (in Russian).
- Mokhort T. V., Petrenko S. V., Arinčin A. N., Daud A. I., Gomolko N. N. *Iodine deficiency in Belarus and methods for its correction and prevention*. Minsk, 2001. 22 p. (in Russian).
- Kachan V. I., Mokhort T. V., Kolomiets N. D., Filonov V. P., Petrenko S. V., Zabarovskaya Z. V., Gusina N. B., Gerasimov G. A. Strategy for elimination of iodine deficiency in Belarus: evaluation of 10 years experience. *Clinical and Experimental Thyroidology*, 2010, vol. 6, no. 3, pp. 30–34. <https://doi.org/10.14341/ket20106330-34>
- Petrenko S. V., Okeanov A. E., Gomolko N. N., Leushev B. Ju., Koryt'ko S. S., Mokhort T. V., Dardynskaja I. V. The state of iodine availability and prevalence of goiter in school children of Belarus. *Ekologicheskii vestnik = Ecological Herald*, 2007, no. 2, pp. 25–32 (in Russian).
- Stozharov A. N., Arinčin A. N., Petrenko S. V. Study of the prevalence of goiter and urinary iodine excretion in children and adolescents born before and after the Chernobyl accident, as important factors in the assessment of thyroid pathology observed in the Republic of Belarus (joint international research protocol). *Mediko-biologičeskie aspekty avarii na Chernobyl'skoi AES [Medical and biological aspects of the Chernobyl accident]*, 1997, no. 2, pp. 36–44 (in Russian).
- Korobova E. M., Tyuryukanova E. B. Iodine in landscapes of the Nonchernozem Center of the Russian Plain. *Geohimija = Geochemistry International*, 1984, no. 9, pp. 1378–1388 (in Russian).
- Korobova E. M., Kuvylin A. I., Chesalova E. I., Berezkin V. Ju. Assessment of the iodine status of the soil of the Bryansk region using GIS technology. *Modelirovanie pri reshenii geojekologičeskikh zadach [Modeling in solving geo-environmental problems]*. Moscow, 2009, no. 11, pp. 51–55 (in Russian).

23. Romanov S. L., Chervan' N. A., Korobova E. M., Yablonskaya T. S. Methodical principles for constructing a map of iodine deficiency in Belarus. *Vestnik Fonda fundamental'nykh issledovaniy = Vestnik of the Foundation for Fundamental Research*, 2017, no. 3, pp. 118–135 (in Russian).

24. Cardis E., Kesminiene A., Ivanov V., Malakhova I., Shibata Y., Khrouch V., Drozdovitch V., Maceika E., Zvonova I., Vlassov O., Bouville A., Goulko G., Hoshi M., Abrosimov A., Anoshko J., Astakhova L., Chekin S., Demidchik E., Galanti R., Ito M., Korobova E., Lushnikov E., Maksoutov M., Masyakin V., Nerovnia A., Parshin V., Parshkov E., Piliptsevich N., Pinchera A., Polyakov S., Shabeka N., Suonio E., Tenet V., Tsyb A., Yamashita S., Williams D. Risk of thyroid cancer after exposure to <sup>131</sup>I in childhood. *Journal of the National Cancer Institute*, 2005, vol. 97, no. 10, pp. 724–732. <https://doi.org/10.1093/jnci/dji129>

25. Matveev A. V., Bordon V. E. *Geochemistry of Quaternary sediments of Belarus*. Minsk, 2013. 191 p. (in Russian).

### Информация об авторах

*Романов Сергей Львович* – канд. географ. наук, ст. науч. сотрудник. Геоинформационные системы (ул. Сурганова, 6, 220012, Минск, Республика Беларусь). E-mail: SRomanov@GIS.by.

*Червань Александр Николаевич* – канд. с.-х. наук, вед. науч. сотрудник. Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси (ул. Казинца, 90, 220108, Минск, Республика Беларусь). E-mail: ChervanAlex@mail.ru.

*Коробова Елена Михайловна* – д-р геол.-минералог. наук, ученый секретарь. Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН (ул. Косыгина, 19, 119334, Москва, Российская Федерация). E-mail: korobova@geokhi.ru.

*Яблонская Татьяна Сергеевна* – техник первой категории. Геоинформационные системы (ул. Сурганова, 6, 220012, Минск, Республика Беларусь). E-mail: TYablonskaya@gis.by.

### Information about the authors

*Romanov Sergey Lvovich* – Ph. D. (Geography), Senior researcher. Geoinformation systems (6, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: SRomanov@GIS.by.

*Chervan Aliksandr Mikalaevich* – Ph. D. (Agrarian), Leading researcher. Institute for Soil Science and Agrochemistry (90, Kazinets Str., 220108, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ChervanAlex@mail.ru.

*Korobova Elena Mihailovna* – D. Sc. (Geology), Scientific Secretary. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of RAS (19, Kosygin Str., 119334, Moscow, Russian Federation). E-mail: korobova@geokhi.ru.

*Yablonskaya Tatiana Sergeevna* – Technician of the first category. Geoinformation systems (6, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: TYablonskaya@gis.by.