

<https://doi.org/10.47612/2079-3928-2023-1-135-150>
УДК 504.062.2:553.041

Поступила в редакцию 07.02.2023
Received 07.02.2023

ОБОСНОВАНИЕ СХЕМ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ НЕРУДНОГО СЫРЬЯ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Н. Маевская¹, М. А. Богдасаров^{1, 2}, Н. Н. Шешко²

¹Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, Брест, Беларусь;

²Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь

Аннотация. В статье на основе анализа работ, посвященных вопросу обоснования ввода в разработку общераспространенных полезных ископаемых (ОПИ) предложен подход к классификации по приемлемости освоения наиболее значимых с точки зрения мощности и представительных в площадном отношении залежей нерудного сырья территории Брестской области, установленных в результате цифрового геолого-генетического моделирования кайнозойской толщи региона. Предложенный подход базируется на использовании критерия «категория земельного участка», позволяющего оценить возможность введения залежей в освоение с учетом специфики территории, к которой они приурочены, а также критериев, отражающих некоторые геолого-промышленные параметры ресурсов ОПИ на основе предложенного метода реализуется в автоматическом режиме путем комплексирования набора растровых покрытий с формированием итоговых картографических классификационных схем двух видов: одни отражают приемлемость ввода всех выделенных в ходе моделирования контуров залежей конкретного вида сырья в освоение, а другие – очередность освоения участков одной определенной залежи, планируемой для использования. Залежи на сформированных карта-схемах ранжированы в виде пяти классов: (1) наиболее приемлемые для освоения, (2) приемлемые для освоения, (3) освоение которых допускается при наличии острого спроса на сырье, (4) освоение которых крайне нежелательно, (5) освоение которых невозможно. Предложенный подход может рассматриваться как вариант экспресс-оценки, позволяющей отсеивать малоперспективные с точки зрения освоения ресурсы ОПИ на предварительном этапе работ по планированию их ввода в разработку.

Ключевые слова: Брестская область; общераспространенные полезные ископаемые; земельный фонд; рациональное использование; цифровые карты.

Для цитирования. Маевская А. Н., Богдасаров М. А., Шешко Н. Н. Обоснование схем рационального использования залежей нерудного сырья Брестской области // Природопользование. – 2023. – № 1. – С. 135–150.

SUBSTANTIATE OF SCHEMES FOR THE RATIONAL USE OF DEPOSITS OF NON-METALLIC MINERALS OF THE BREST REGION

A. N. Mayevskaya¹, M. A. Bahdasarau^{1, 2}, N. N. Sheshko²

¹Brest State A. S. Pushkin University, Brest, Belarus;

²Brest State Technical University, Brest, Belarus

Abstract. The article presents an analysis of works dedicated to feasibility of bringing into development commonly occurring mineral resources (COMR) and suggests an approach for classifying, on the basis of development acceptability, the most significant deposits of non-metallic minerals of the territory of the Brest region in terms of thickness and area, which were discovered using numerical geological-genetic modelling of the Cenozoic strata of the region. The proposed approach is based on the use of “land plot category” criterion, allowing for an assessment of the feasibility of introducing deposits into development, taking into account the specific nature of the area to which they are attached, as well as criteria reflecting certain geological and industrial parameters of the deposits (thickness of rocks and overburden, overburden ratio). The procedure for COMR classification on the basis of the proposed approach is implemented automatically by integrating raster scans with subsequent generation of final cartographical classification schemes of two types: the one reflects the acceptability of introducing all the deposit outlines of a particular mineral identified during modelling and the other – the order of development of one particular deposit to be exploited. The deposits on the generated schematic maps are ranked in five categories: (1) most acceptable for development; (2) acceptable for development; (3) acceptable for development in the presence of sharp demand; (4) whose development is highly undesirable; (5) whose development is impossible. The proposed approach can be regarded as a rapid assessment option to screen out the COMR, whose development is unfeasible, in the early planning stage of development.

Keywords: Brest region; common minerals; land fund; rational use; digital maps.

For citation. Mayevskaya A. N., Bahdasarau M. A., Sheshko N. N. Substantiate of schemes for the rational use of deposits of non-metallic minerals of the Brest region. *Nature Management*, 2023, no. 1, pp. 135–150.

Введение. Результаты анализа специализированной научной литературы показали, что при обосновании целесообразности проектов разработки полезных ископаемых разных видов применяются многообразные экономические подходы (сравнительный, затратный, доходный, опционный, метод применения натуральных показателей и др.) и критерии [1–5]. При этом в ряде работ, посвященных методическим аспектам оценки ресурсов нерудного сырья, наряду с классическими методами оценивания применяются также критерии, позволяющие учитывать специфические особенности территории размещения оцениваемого вида ресурсов [6–8]. В некоторых методических подходах такие критерии являются основополагающими. Применение подобных критериев в практике геологических оценок общераспространенных полезных ископаемых (ОПИ) является весьма оправданным, ввиду того что добыча нерудных полезных ископаемых зачастую сопряжена с негативным воздействием на компоненты окружающей среды. Это оказывает значительное влияние на величину вложений в освоение залежей, из-за необходимости последующего возмещения ущерба, прежде всего связанного с использованием и деградацией различных категорий земель.

Диапазон значений критериев, основанных на учете статуса земель, определяется преимущественно экспертным путем, что обуславливает определенную степень субъективности оценок, связанных с личным видением экспертов. В то же время сопоставление результатов, полученных при их использовании, с выводами, базирующимися на оценках с учетом показателей коммерческой эффективности, показывает адекватность полученных на основе применения таких критериев заключений.

Таким образом, на настоящем этапе один из актуальных подходов обоснования схем «рационального» освоения залежей нерудного сырья базируется на критериях, связанных со спецификой территории размещения залежей. Возможность применения такого подхода и рассматривается авторами в настоящей статье по отношению к оценке приемлемости освоения потенциальных залежей ОПИ территории Брестской области. Ввиду того что добыча местных видов сырья в регионе производится в основном путем разработки внутрихозяйственных карьеров, в результате чего нарушенные земли крайне проблематично в дальнейшем вовлечь в хозяйственный оборот, для нее применение такого подхода является особенно актуальным.

Методы и данные. Исходными данными для обоснования схем «рационального» использования ресурсов нерудного сырья Брестской области послужили:

1) цифровая растровая модель, отражающая приемлемость различных видов земель Брестской области к освоению ОПИ. С методикой ее создания более подробно можно ознакомиться в ранее опубликованной авторами работе «Ранжирование земельного фонда административных районов Брестской области по приемлемости к освоению залежей строительного сырья» [9];

2) набор цифровых растровых моделей, отражающих сведения о площадях распространения местных видов сырья, их мощностях и мощностях перекрывающих пород над ними (сформированы в результате геолого-генетического моделирования кайнозойских отложений региона на основе данных бурения территории с применением информационных технологий).

Процедура создания комплекта карт, показывающих приемлемость ввода залежей ОПИ исследуемого региона в освоение, была реализована на основе метода комплексирования информации в программной среде ArcGIS 10.5 с использованием инструмента Raster Calculator. В растровом калькуляторе первоначально рассчитывался линейный коэффициент вскрыши по каждой залежи (отношение мощности вскрышных пород к мощности продуктивной толщи). Затем выполнялось умножение сформированного растра частного на весовой растр земель.

В результате был составлен набор грид-моделей по наиболее представительным с точки зрения площадного распространения типам пород: пескам, валунно-гравийно-песчаным породам, глинам, суглинкам и супесям, торфу.

Принимая во внимание тот факт, что структура земель в границах каждой залежи являлась неоднородной, в полученном наборе растров области распространения пород разбивались на более мелкие участки. Это приводило к усложнению чтения итоговых растров и, как следствие, установления очередности освоения залежей ОПИ исследуемого региона. Решением возникшей проблемы стало создание комплектов карт двух типов.

Во-первых, был создан набор карт, дающих целостное представление о приемлемости разработки выявленных нерудных видов сырья области. Такой комплект карт является базовым и может быть важен для использования органами государственного управления в качестве информационной основы при определении перспектив и рациональной очередности освоения залежей ОПИ региона.

Для автоматизации отдельных этапов его построения в ModelBuilder ГИС ArcGIS был разработан инструмент «Классификация залежей по рациональному использованию» (рис. 1), извлекающий по контурам каждой залежи среднее вычисленное в ходе пересечения растров значение и группирующий полученные результаты в виде пяти классов:

Класс 1. Залежи, наиболее приемлемые для освоения.

Класс 2. Залежи, приемлемые для освоения.

Класс 3. Залежи, освоение которых допускается при наличии острого спроса на сырье.

Класс 4. Залежи, освоение которых крайне нежелательно.

Класс 5. Залежи, освоение которых невозможно.

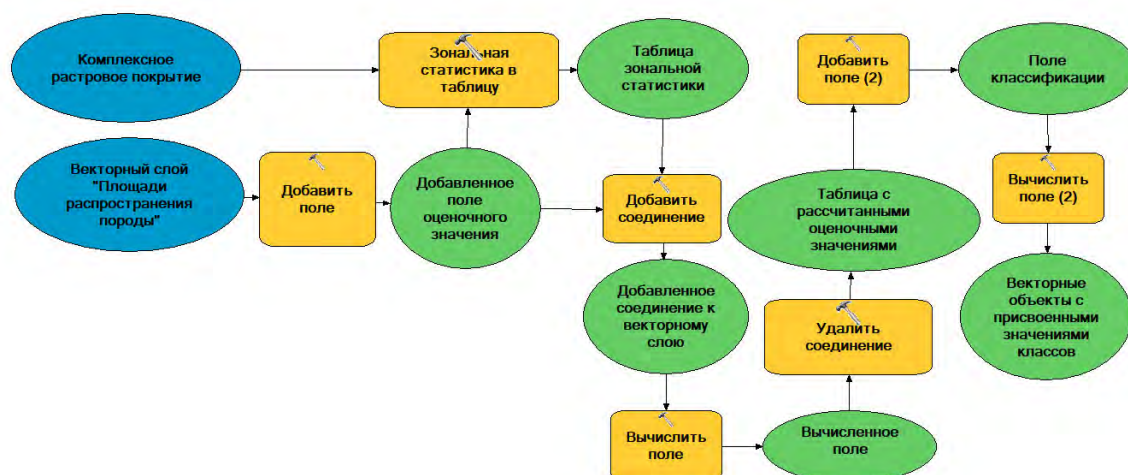


Рис. 1. Схема инструмента «Классификация залежей по рациональному использованию»

Fig. 1. Diagram of "Deposit Classification by Rational Use" tool

При этом для обеспечения возможности присвоения разработанной классификации полигональным слоям в ходе вычисления поля «Классы залежей» в предложенном инструменте прописывали следующий код:

```
breaks = [0.25, 0.54, 1.16, 2.54, 4.50]
def Get_Class(x):
    for i, v in enumerate(breaks):
        if v >= x: break
    return i+1,
```

где значения breaks указывают разрывы сводных показателей, по которым производили деление полигонов на классы. Стоит отметить, что разрывы определяли для каждой литологической разности в отдельности экспертным путем исходя из полученных комплексных по каждому типу пород показателей, учитывающих характеристики мощностей продуктивных толщ залежей и мощностей вскрышных пород над ними, а также усредненный вес групп земель, попадающих в их границы.

Во-вторых, был сформирован набор картографических материалов, дающих детальное представление о специфике каждой отдельной залежи. Это может быть актуально при обосновании целесообразности разработки конкретного объекта недропользования, выработке стратегии его освоения потенциальными землепользователями.

Формирование таких карт не требовало проведения процедуры осреднения результатов комплексирования по каждой залежи, что тем самым позволяло получить более точные сведения о возможности ее разработки с учетом специфики территории размещения.

Для автоматизации процедуры построения рассматриваемого комплекта в ModelBuilder ГИС ArcGIS был создан инструмент «Классификация залежи по возможности освоения». При этом группировку участков залежи в классы проводили способом, аналогичным тому, который использовали при создании общих региональных схем.

Результаты и их обсуждение. Полезные ископаемые Брестской области представлены мелом, песками строительными, стекольными и формовочными, песчано-гравийной смесью, глинами кирпич-

ными и цементными, камнем строительным, каолином, торфом, горючими сланцами, бурым углем, янтарем, пресными и минеральными подземными водами. Несмотря на то что имеющиеся запасы ОПИ региона в настоящее время обеспечивают запросы различных отраслей хозяйства, потребности в ряде из них будут постоянно расти. Это, в свою очередь, обуславливает необходимость постоянного наращивания их запасов, а также разработки схем рационального введения перспективных залежей в эксплуатацию.

В качестве примера на рис. 2 приведена подобная схема, отражающая приемлемость разработки одной из залежей песчано-гравийных пород, выделенной авторами в ходе проведенного исследования. Представленная карта выполнена для залежи общей площадью 142,2 км², расположенной на границе нескольких районов – Каменецкого, Пружанского, Жабинковского и Кобринского, и отнесенной в соответствии с общей региональной схемой к классу залежей, приемлемых для освоения.

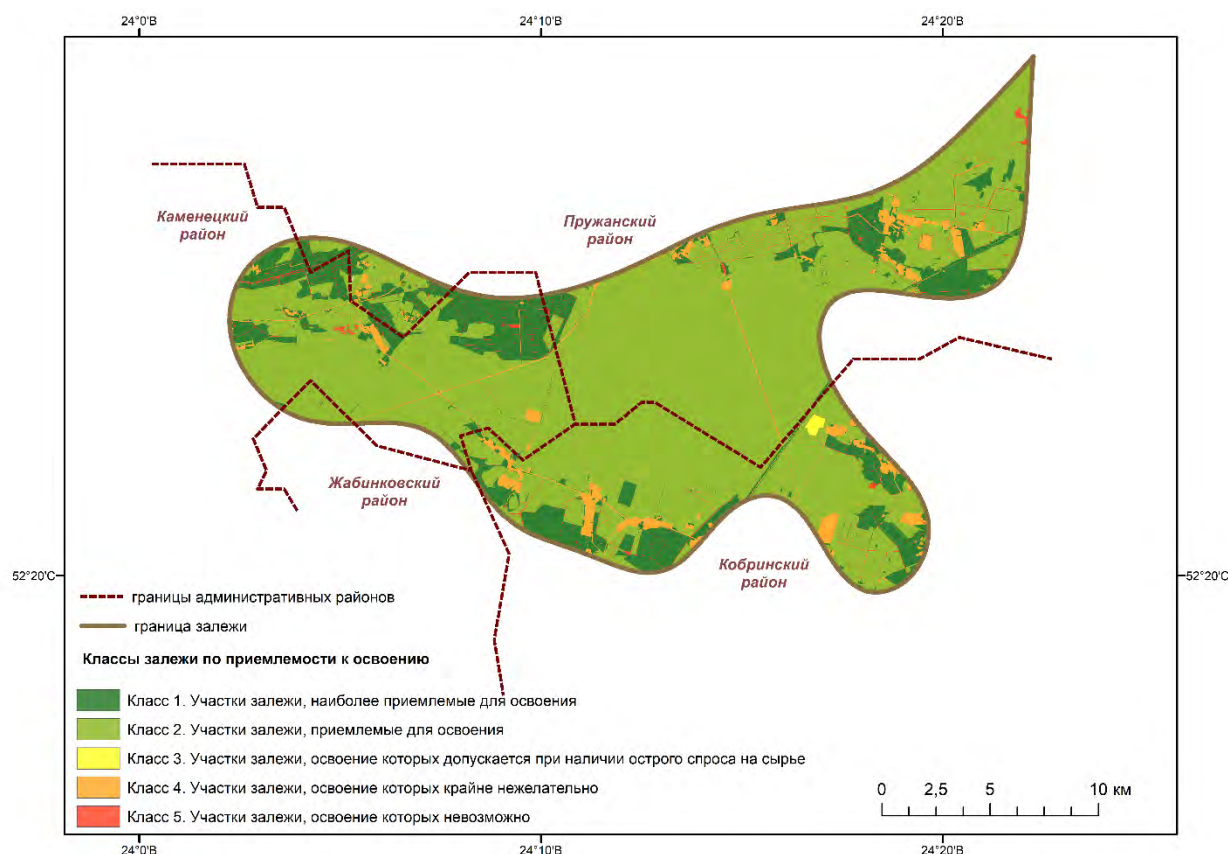


Рис. 2. Карта, отражающая приемлемость освоения отдельной залежи песчано-гравийных пород

Fig. 2. Map reflecting the acceptability of developing a separate deposit of sand-gravel rocks

Как видно из представленного рисунка, большая площадь рассматриваемой залежи приурочена к землям, приемлемым и наиболее приемлемым для освоения. Небольшой по площади ее участок относится к классу проблематичных для освоения земель ввиду того, что он расположен под действующей стройплощадкой. Невозможными для освоения являются участки залежи, расположенные под водотоками и небольшими водоемами. Неприемлемыми для отработки – участки под дорогами и застройкой.

Стоит подчеркнуть, что отображенная на рис. 2 карта в настоящей работе приводится лишь в качестве демонстрационного примера, показывающего осуществимость более детального анализа потенциальных залежей на основе предлагаемой методики. Выбор в качестве показательного примера вышеприведенной залежи обусловлен следующими причинами: трансграничное расположение, средние характеристики площади участка (в сравнении с площадями иных выявленных залежей ОПИ), типичная для данного класса структура земель под залежью.

Для рассмотрения вопроса о принципиальной возможности и очередности освоения выделенных в ходе геолого-генетического моделирования кайнозойской толщи площадей нерудного сы-

рья использовали базовый комплект карт. Именно он дает комплексное представление о районировании по рациональному использованию минерально-сырьевой базы территории всего исследуемого региона. Ниже, на основе анализа сформированных картографических схем, а также привязанных к ним баз данных предложена «рациональная последовательность» вовлечения залежей местных видов сырья Брестской области в освоение.

Пески. Преимущественная часть выявленных залежей *песка* относится к классу проблематичных для освоения. Суммарная их площадь составляет 12 228,2 км², или 38,8 % от общей площади залежей данного вида пород (табл. 1). Сконцентрированы они в основном на востоке Брестской области, а также на территории Пружанского и Березовского районов (рис. 3). Несмотря на значимые мощности (20 м и более) для них характерны и сходные значения мощностей вскрышных пород, т. е. коэффициент вскрыши большинства площадей равен единице. Ввиду того что отдельные залежи рассматриваемого класса характеризуются весьма обширными площадями, структура земель в их границах крайне мозаична и представлена сочетанием разных подтипов, суммарный вес которых и предопределил отнесение их к классу 3.

Таблица 1. Сведения о площадных характеристиках потенциальных залежей песков в разрезе классов приемлемости к освоению

Table 1. Information about the area characteristics of potential sand deposits by development acceptability class

Класс	Количество залежей	Площадь залежей, км ²	Удельный вес, %
1	187	6354,7	20,1
2	133	5709,3	18,1
3	98	12 228,2	38,8
4	55	2655,5	8,4
5	19	4601,6	14,6

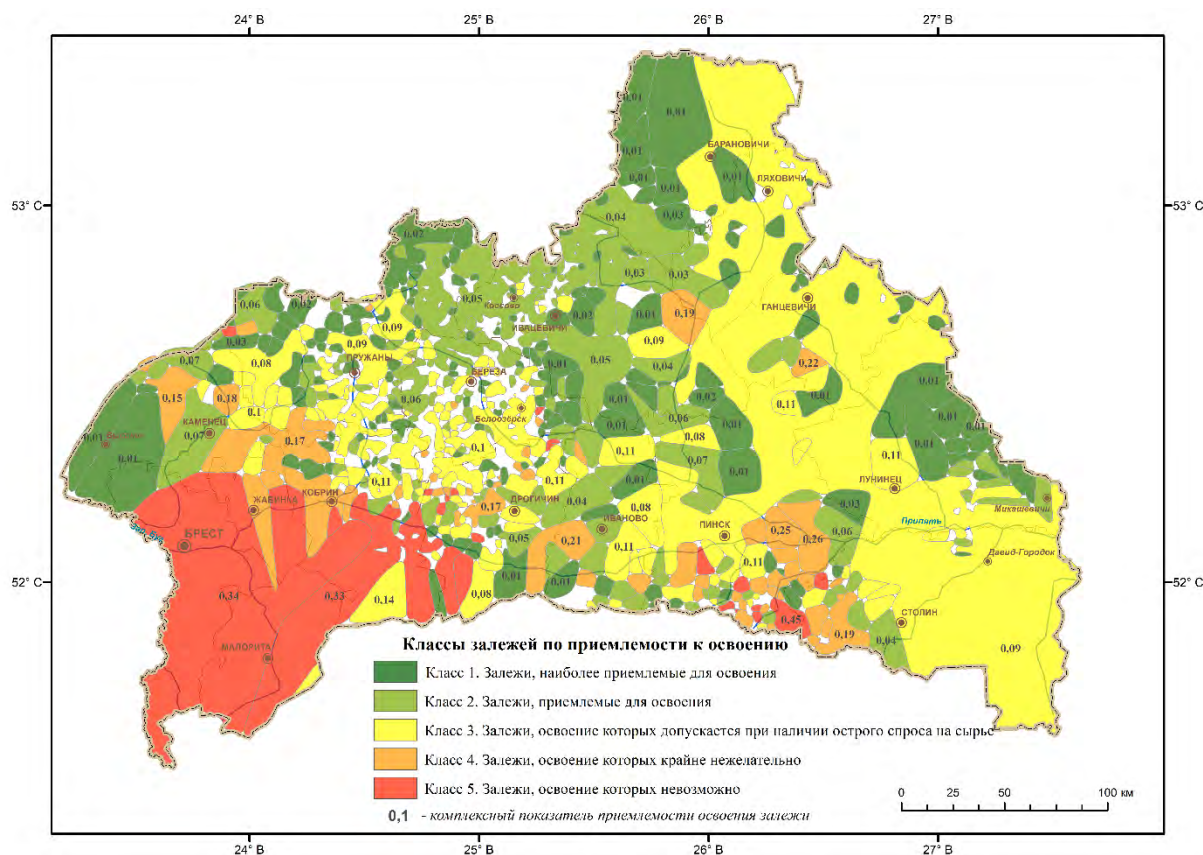


Рис. 3. Карта залежей песков по перспективности освоения

Fig. 3. Map of sand deposits by development potential

Наиболее приемлемыми и приемлемыми с точки зрения освоения являются 20,1 и 18,1 % залежей песка соответственно. Они характеризуются превалированием значения мощностей продуктивной толщи над перекрывающими отложениями, приуроченностью к землям, в границах которых не действуют специальные запреты на добычу полезных ископаемых (преимущественно к неиспользуемым землям, лесным и сельскохозяйственным землям с низкой интенсивностью землепользования).

Нежелательными для отработки песка являются залежи, расположенные преимущественно под жилой застройкой на территории Пинского, Ивановского, Дрогичинского, Ивацевичского, Жабинковского, Кобринского и Пружанского районов общей площадью 2655,5 км² и характеризующиеся преобладанием мощностей вскрышных пород над мощностями продуктивной толщи.

Нереальными для отработки на данном этапе являются 14,6 % песчаных пород, большая часть которых размещается на юго-западе Брестской области под населенными пунктами, водными объектами и болотами. Такие залежи характеризуются значимой мощностью вскрышных пород (более 50 м), которая практически в 3 раза превышает значения мощности песчаных пород и значительно выше принятых минимальных рентабельных характеристик, установленных в производственной практике по данному виду сырья [10].

Отдельно в данной группе ОПИ стоит выделить залежи *песчаных пород с прослоями глины*. На основании проведенной классификации по целесообразности и возможности отработки рассматриваемых пород (рис. 4) очередность их введения в разработку может быть выстроена следующим образом.

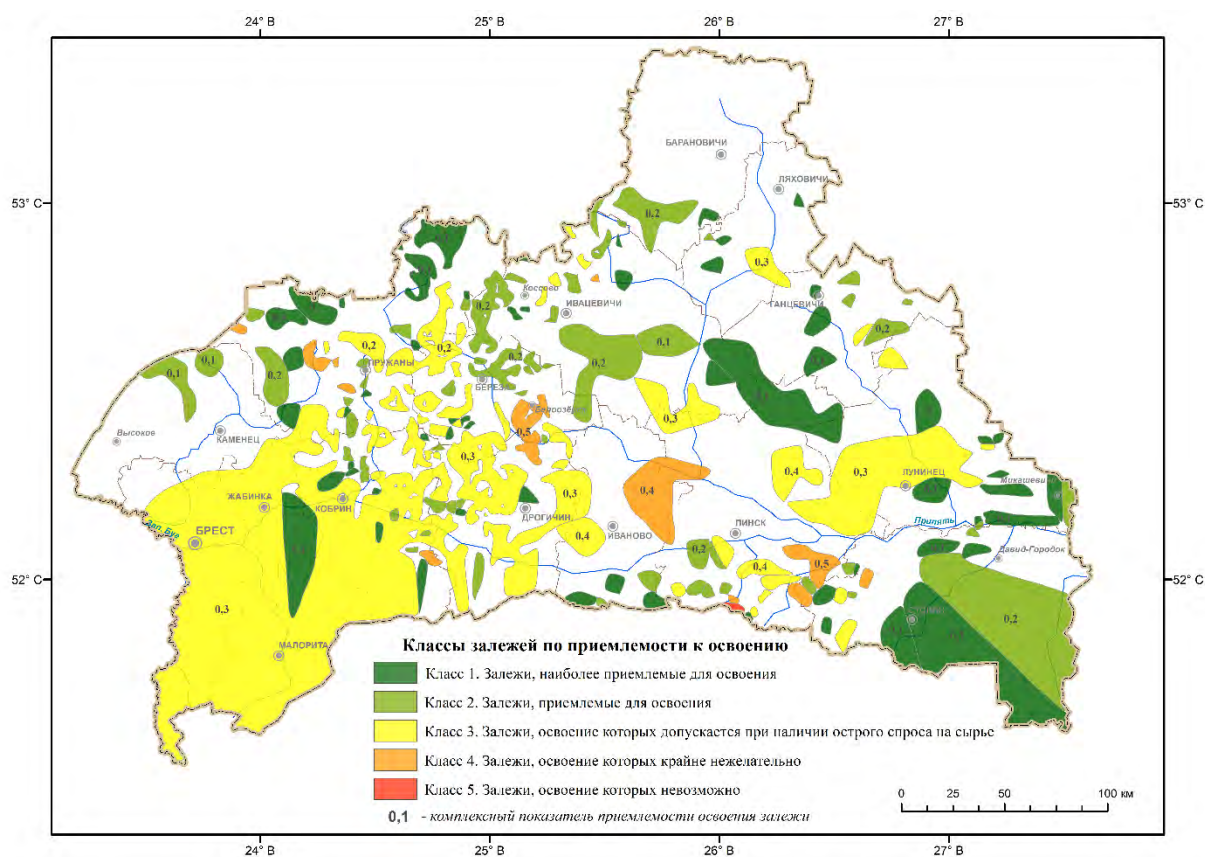


Рис. 4. Карта залежей песчаных пород с прослоями глины по перспективности освоения

Fig. 4. Map of sandy rocks deposits with clay interlayers by development potential

В качестве первичной для разработки базы может быть рассмотрено 40,5 % участков (табл. 2) данного вида пород, относящихся к классам наиболее приемлемых и приемлемых для освоения залежей. Большая их часть характеризуется относительно небольшими глубинами залегания при значимых показателях мощности. При этом отдельные залежи на территории Пружанского и Ивацевичского районов залегают непосредственно у земной поверхности. Благоприятны они для освоения и тем, что большей своей площадью приурочены к границам неиспользуемых и малоиспользуемых земель.

При возникновении острого спроса на сырье в качестве вторичной базы могут представлять интерес 54,7 % площадей рассматриваемых залежей. Проблематичность освоения таких участков связана прежде всего с трудностями в получении отвода залегающих над ними земель для разработки карьеров, преобладанием в 2 раза значений мощности перекрывающих отложений над мощностями продуктивных толщ.

Таблица 2. Сведения о площадных характеристиках потенциальных залежей песчаных пород с прослоями глины в разрезе классов приемлемости к освоению

Table 2. Information about the area characteristics of potential sandy rocks deposits with clay interlayers by development acceptability class

Класс	Количество залежей	Площадь залежей, км ²	Удельный вес, %
1	61	2990,5	20,8
2	53	2836,3	19,7
3	35	7887,1	54,7
4	11	680,3	4,7
5	1	10,2	0,1

Валунно-гравийно-песчаные породы (песчано-гравийно-валунные породы). Прежде чем перейти к обоснованию возможностей освоения залежей данной группы, прежде всего рассмотрим *песчано-гравийные породы* (рис. 5). Среди них к числу участков, эксплуатация которых является на настоящем этапе невозможной, относятся девять ареалов (табл. 3). Лимитирует возможность их освоения в первую очередь тот факт, что большей своей площадью они приурочены к землям, занятым водными объектами и их гидротехническими сооружениями. Такие объекты с учетом действующего законодательства являются недоступными для получения земельного отвода под разработку. На долю рассматриваемых залежей приходится 2,1 % от общей площади, занимаемой песчано-гравийными породами. Сконцентрированы они в виде небольших участков на территории Пружанского, Пинского, Кобринского и Березовского районов.

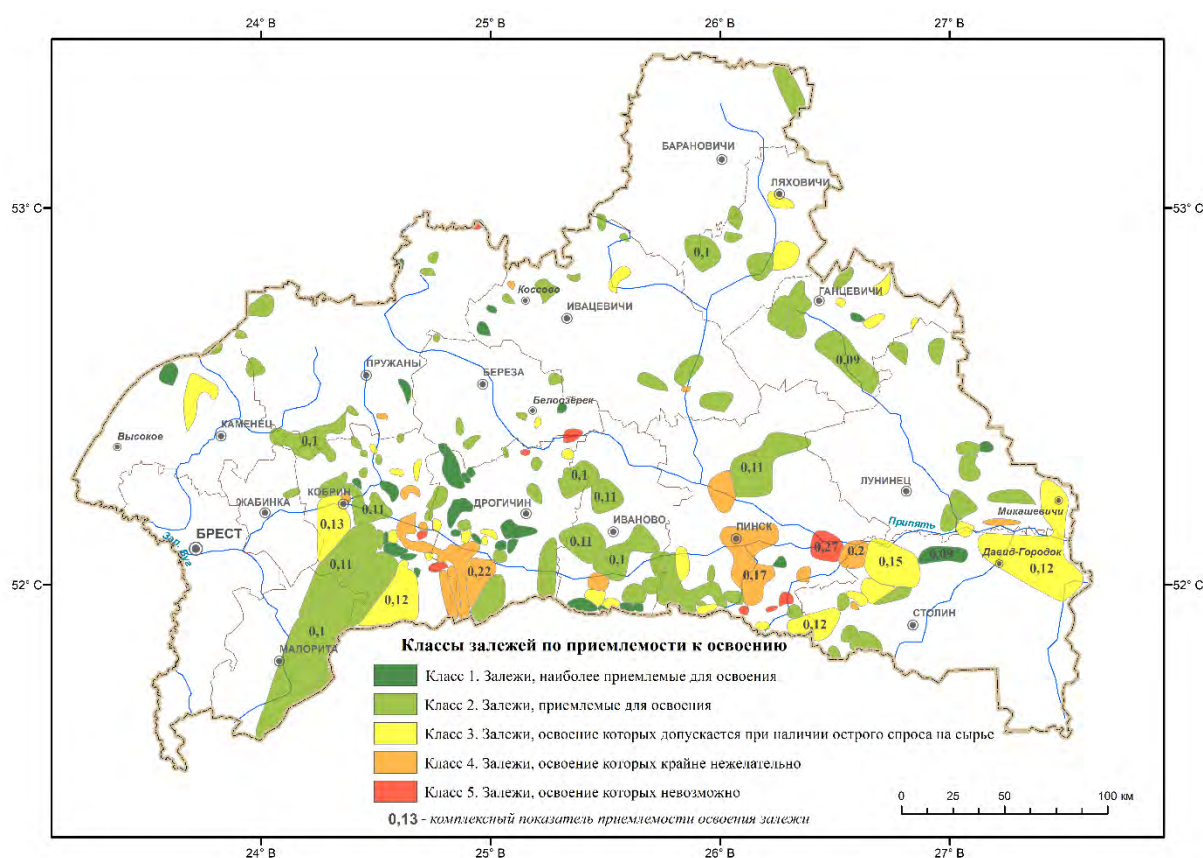


Рис. 5. Карта залежей песчано-гравийных пород по перспективности освоения

Fig. 5. Map of sand-gravel rocks deposits by development potential

Таблица 3. Сведения о площадных характеристиках потенциальных залежей песчано-гравийных пород в разрезе классов приемлемости к освоению**Table 3. Information about the area characteristics of potential sand-gravel rocks deposits by development acceptability class**

Класс	Количество залежей	Площадь залежей, км ²	Удельный вес, %
1	29	439,2	6,6
2	76	3731,0	55,6
3	32	1593,7	23,8
4	17	801,3	11,9
5	9	143,9	2,1

Крайне нежелательными для отработки являются 17 залежей песчано-гравийных пород общей площадью 801,3 км². Указанные залежи главным образом находятся в границах земель под застройкой, при этом их изъятие в целях государственных нужд (в том числе и для разработки полезных ископаемых) допускается в исключительных случаях с возмещением убытка от изъятия их владельцам.

Проблематичными для освоения являются 23,8 % залежей песчано-гравийных пород, наибольшие площади которых приурочены к территории Столинского и Кобринского районов. В основном это залежи мощностью от 20 м, расположенные под сочетающимися землями нескольких подтипов – неиспользуемыми, занятыми лесными насаждениями, древесно-кустарниковой растительностью, жилой застройкой и водными объектами.

Наиболее приемлемый и приемлемый для отработки фонд песчано-гравийных пород составляет 4170,2 км², или 62,2 % от общей площади рассматриваемых запасов данного вида сырья по Брестской области. В эти классы прежде всего входят залежи, тяготеющие к неиспользуемым землям, а также лесным и сельскохозяйственным землям с малой интенсивностью землепользования, характеризующиеся вскрышным коэффициентом менее единицы.

Ниже представлена схема рационального ввода в разработку *валунно-галечных и песчано-гравийно-галечных пород*. Исходя из анализа рис. 6 видно, что наибольшие площади данных пород относятся к классу наиболее приемлемых (64,4 %) и приемлемых (26,2 %) для освоения. Средняя мощность таких залежей составляет 15–20 м, достигая на отдельных участках и больших значений – 49 м. Глубины залегания большинства из них при этом не превышают отметки 10 м, а на территории Пинского, Каменецкого и Столинского районов песчано-гравийно-галечные породы находятся непосредственно у земной поверхности. Положительным с точки зрения освоения является и тот факт, что наибольшей своей площадью такие участки приурочены к неиспользуемым землям, а также сельскохозяйственным и лесным землям с низкой и высокой интенсивностью использования.

Наименьший удельный вес (табл. 4) характерен для объектов ресурсного потенциала валунно-галечных и песчано-гравийно-галечных пород, отнесенных к классам 3–5. На долю залежей, освоение которых проблематично и освоение которых невозможно, приходится по 2,7 % на каждый. Нежелательными для освоения при этом являются 4,0 % площадей рассматриваемого вида сырья. Участки залегания пород классов 4 и 5 характеризуются наименее благоприятными для освоения условиями ввиду значимой глубины залегания ресурсов (более 100 м) и приуроченностью к землям, в границах которых разработка карьеров недопустима или нежелательна. В качестве резервных могут выступать четыре залежи на территории Столинского и Пинского районов, характеризующиеся относительно невысоким вскрышным коэффициентом – 1,5.

Таблица 4. Сведения о площадных характеристиках потенциальных залежей валунно-галечных и песчано-гравийно-галечных пород в разрезе классов приемлемости к освоению**Table 4. Information about the area characteristics of potential boulder-pebble and sand-gravel-pebble rocks deposits by development acceptability class**

Класс	Количество залежей	Площадь залежей, км ²	Удельный вес, %
1	9	897,8	64,4
2	10	365,0	26,2
3	4	37,5	2,7
4	3	55,1	4,0
5	1	38,1	2,7

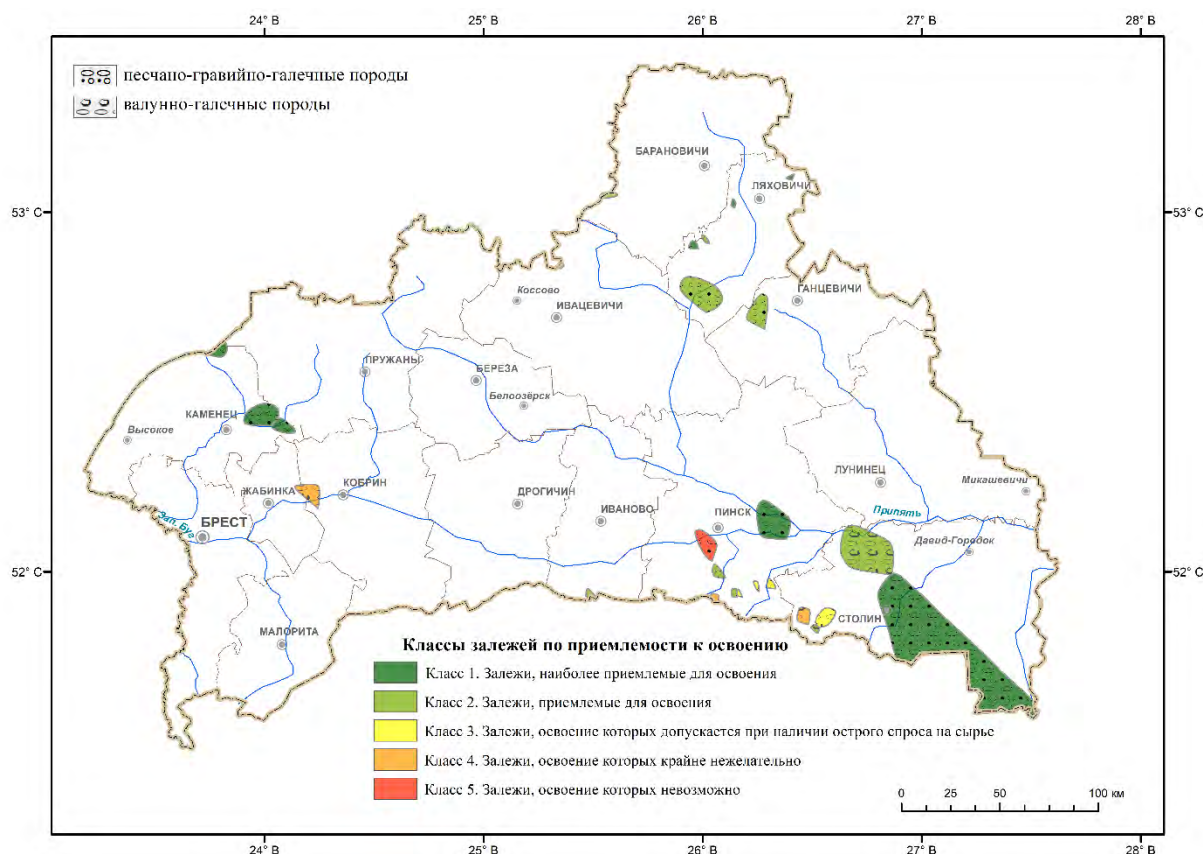


Рис. 6. Карта залежей валунно-галечных и песчано-гравийно-галечных пород по перспективности освоения

Fig. 6. Map of boulder-pebble and sand-gravel-pebble rocks deposits by development potential

Глина, суглинок, супесь. Среди глинистых пород в зависимости от содержания в них составных глинистых, пылеватых и песчаных частиц выделяют глины, суглинки и супеси соответственно [11].

Приступая к обоснованию перспектив введения в отработку данной группы залежей, рассмотрим в первую очередь *глины* (рис. 7). Первостепенными с точки зрения возможности освоения являются залежи (31 участок), расположенные под землями, изъятие которых для разработки карьеров наименее затруднительно (под неосвоенными, утратившими свои полезные свойства землями, а также землями, не покрытыми лесом и сельскохозяйственными землями, не используемыми для выращивания сельскохозяйственных культур). На их долю приходится 15,5 % (табл. 5) от общей площади распространения глин. Они характеризуются невысокими значениями вскрышного коэффициента, т. е. мощность отложений превалирует над мощностью перекрывающих пород. Территориально такие залежи приурочены к границам Ивацевичского, Пинского и Пружанского районов.

Приемлемый для отработки фонд глин составляет 41,7 %. Большинство залежей, отнесенных к рассматриваемому классу, характеризуется мощностями 8–15 м. При этом значение мощности самой крупной в площадном отношении залежи, расположенной на территории Лунинецкого района, превышает отметку 30 м. Несмотря на значимую глубину залегания некоторых площадей (свыше 20 м), отнесенных к классу 2, линейный коэффициент их вскрыши не превышает допустимых для данного вида сырья параметров [10]. Введение в разработку таких залежей, преимущественно залегающих под лесными и сельскохозяйственными землями, может допускаться в соответствии с действующим законодательством в случае отсутствия возможности разработки выделенных площадей глин, отнесенных к классу 1.

Резервными для разработки участками глины, освоение которых может быть допущено при наличии острого спроса на сырье и соблюдении ряда условий, являются 39 площадей. Они расположены в границах, проблематичных для использования подтипов земель (преимущественно земель, находящихся в стадии застройки).

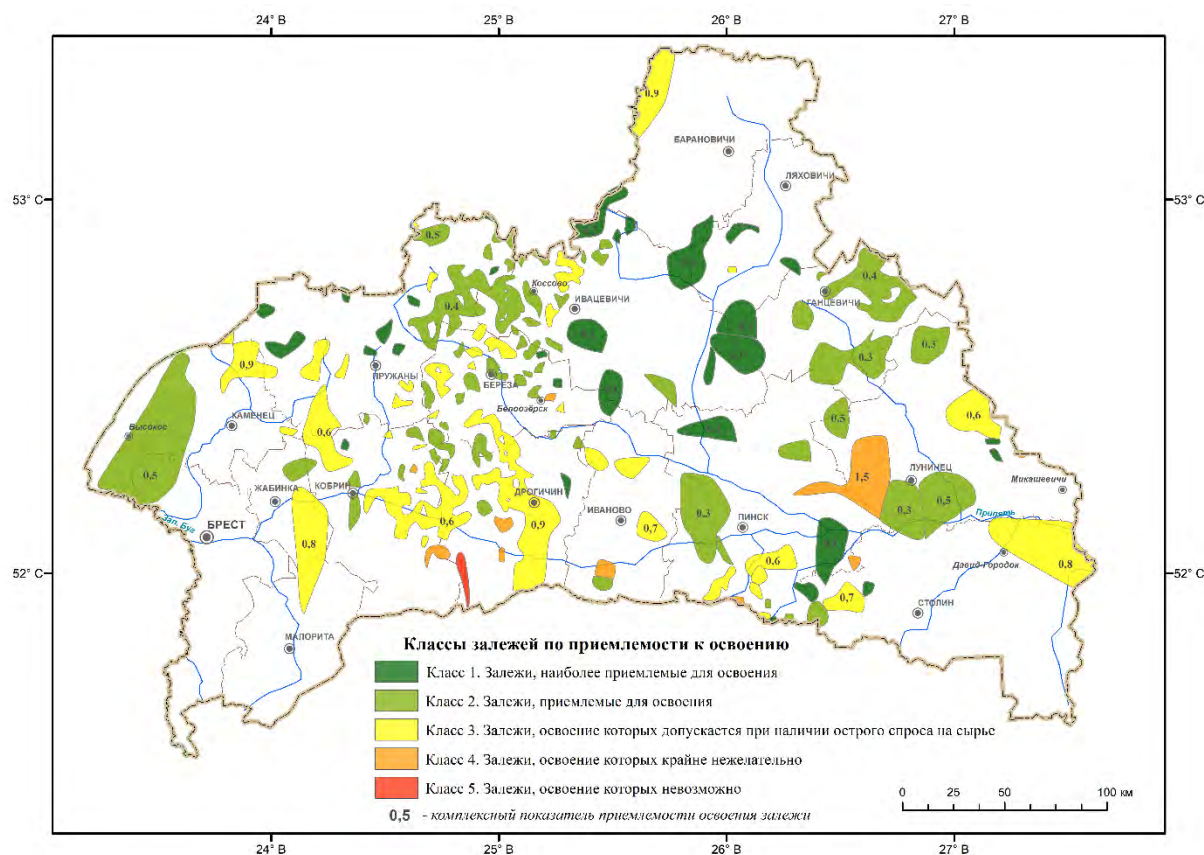


Рис.7. Карта залежей глин по перспективности освоения

Fig. 7. Map of clay deposits by development potential

Таблица 5. Сведения о площадных характеристиках потенциальных залежей глин в разрезе классов приемлемости к освоению

Table 5. Information about the area characteristics of potential clay deposits by development acceptability class

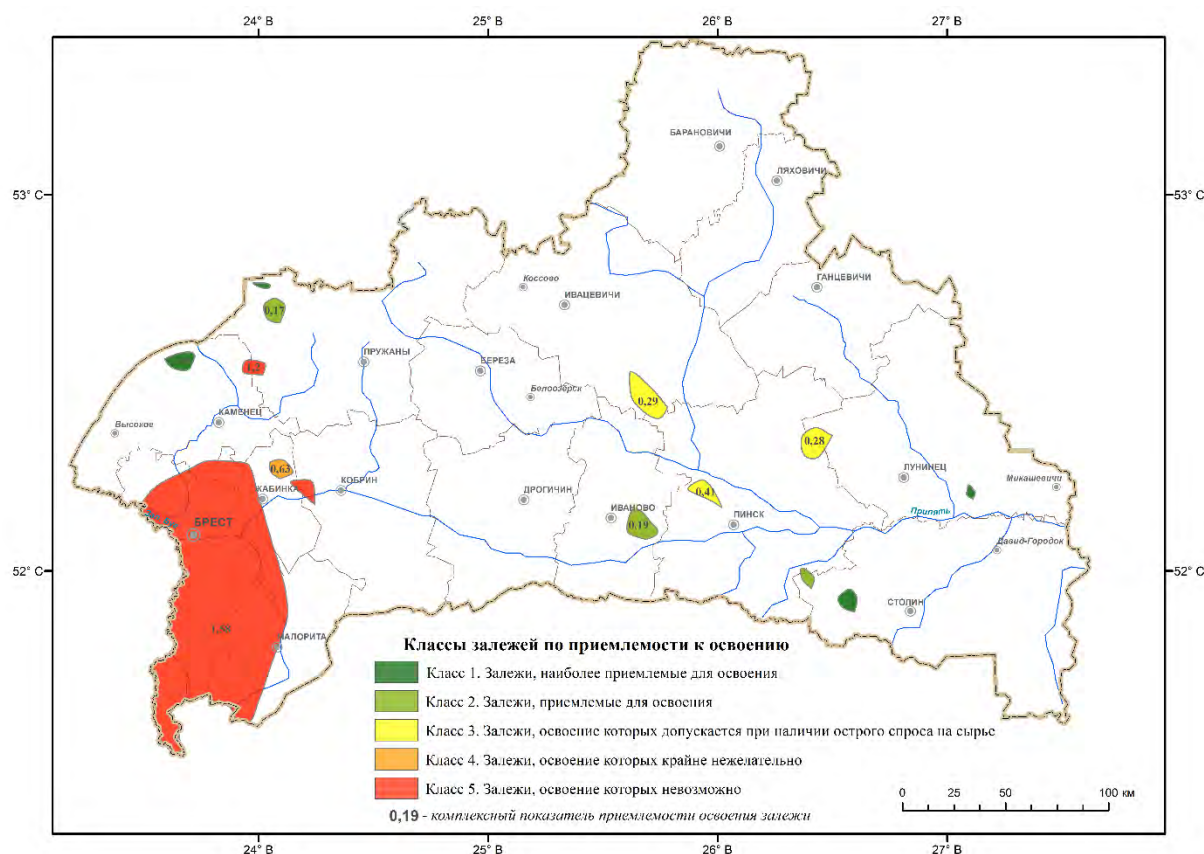
Класс	Количество залежей	Площадь залежей, км ²	Удельный вес, %
1	31	1146,9	15,5
2	57	3082,9	41,7
3	39	2733,2	37,0
4	10	400,6	5,4
5	1	30,4	0,4

Нежелательными и невозможными для включения в разработку являются залежи классов 4 и 5, занимающие наименьшие доли в структуре выявленных объектов ресурсного потенциала глин. Так, к числу нежелательных для отработки относятся залежи под землями, занятыми жилой застройкой и транспортными коммуникациями. Невозможной для освоения является всего одна залежь на территории Дрогичинского района, характеризующаяся небольшой мощностью, значимой глубиной залегания и приуроченностью большей своей частью к землям под водными объектами и болотами.

Рациональная схема ввода в освоение залежей *суглинков* отражена в табл. 6 и на рис. 8. Опираясь на табл. 6, прежде всего стоит отметить весьма обширную по площади (2386,3 км²) залежь рассматриваемого вида пород, приуроченную к территории Брестского, Жабинковского и Малоритского районов. Отнесение данной залежи к классу невозможных для освоения базировалось на учете двух факторов: относительно небольшой мощности (5 м) при значимой глубине залегания (72 м), а также приуроченности обширных ее площадей к землям, в границах которых не представляется возможным размещение карьеров (земли под водными объектами и болотами, населенными пунктами, в том числе г. Брестом).

Таблица 6. Сведения о площадных характеристиках потенциальных залежей суглинков в разрезе классов приемлемости к освоению**Table 6. Information about the area characteristics of potential loam deposits by development acceptability class**

Класс	Количество залежей	Площадь залежей, км ²	Удельный вес, %
1	4	74,5	2,6
2	3	105,1	3,7
3	3	175,4	6,3
4	1	28,0	1,0
5	3	2440,6	86,4

**Рис. 8. Карта залежей суглинков по перспективности освоения****Fig. 8. Map of loam deposits by development potential**

Залежи суглинков, отнесенные к другим классам, имеют практически одинаковый удельный вес в общей структуре выявленных залежей данного вида пород. Так, на долю наиболее приемлемых и приемлемых к освоению площадей приходится 2,6 % (Пружанский и Каменецкий районы) и 3,7 % (Ивановский и Столинский районы) соответственно. Отдельные из них, имеющие мощности 7–13 м, залегают непосредственно у земной поверхности.

На долю залежей, освоение которых возможно лишь при наличии острого спроса на сырье, приходится 6,3 %. Они отмечаются на территории Пинского и Ивацевичского районов, залегая под нарушенными землями, интенсивно используемыми сельскохозяйственными и лесными землями на значительных глубинах – около 40 м.

Фонд наиболее приемлемых и приемлемых для отработки выделенных в ходе исследования площадей супесчаных пород составляет 4362 км², или 76,2 % (табл. 7). Исходя из представленной на рис. 9 карты, отражающей пространственные особенности распределения супесей, прослеживается приуроченность наиболее крупных залежей данных классов к территории Столинского, Пинского и Каменецкого районов. Мощности их в среднем составляют около 15 м, а мощности перекрывающих отложений – около 20 м.

Таблица 7. Сведения о площадных характеристиках потенциальных залежей супесей в разрезе классов приемлемости к освоению

Table 7. Information about the area characteristics of potential sandy loam deposits by development acceptability class

Класс	Количество залежей	Площадь залежей, км ²	Удельный вес, %
1	41	1167,9	20,4
2	53	3194,1	55,8
3	19	804,5	14,1
4	17	401,2	7,0
5	5	155,4	2,7

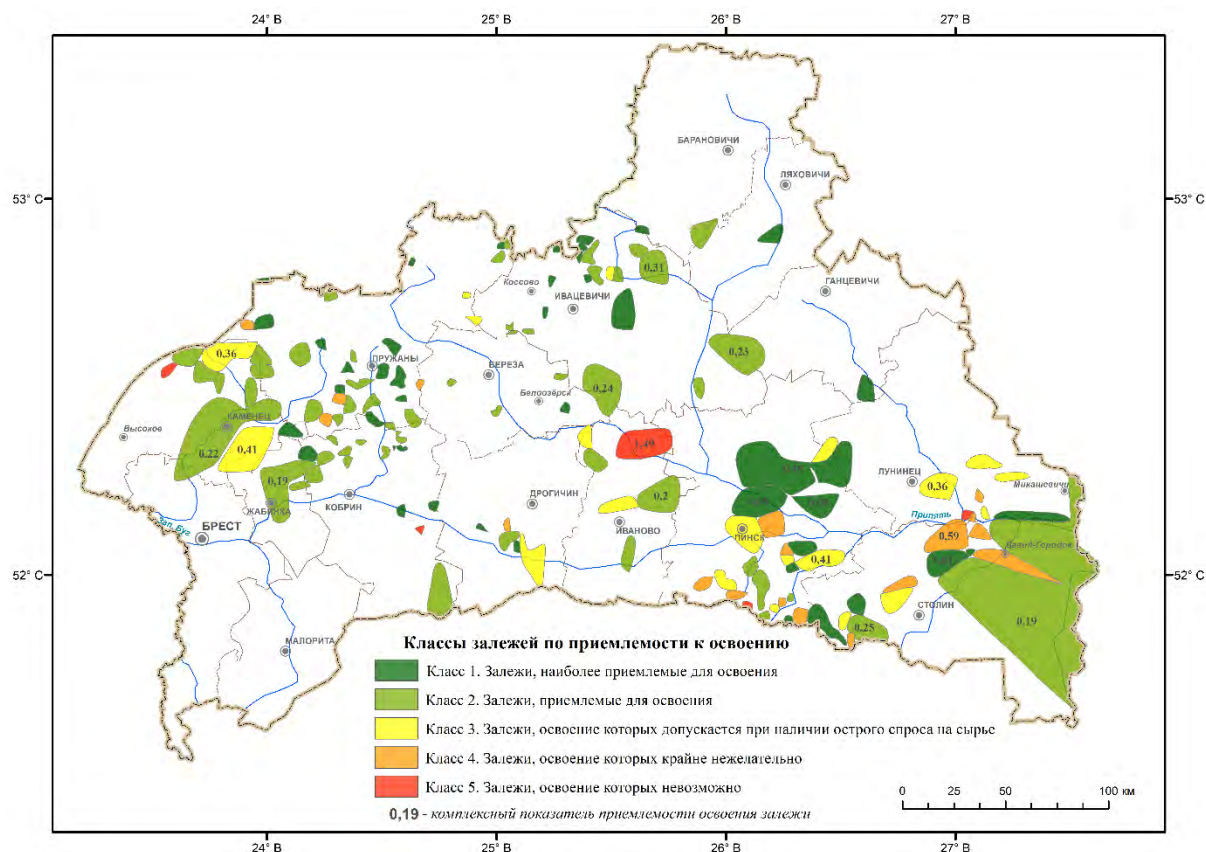


Рис. 9. Карта залежей супесей по перспективности освоения

Fig. 9. Map of sandy loam deposits by development potential

Залежи, относящиеся к классу 3, освоение которых допускается лишь при наличии острого спроса на сырье, занимают 14,1 % от общей площади выделенных в ходе геолого-генетического моделирования участков. Это преимущественно залежи, границы которых охватывают несколько групп земель, а именно лесных и сельскохозяйственных земель с высокой интенсивностью использования и земель под застройкой (они труднодоступны для получения отвода под разработку). Мощность их составляет в среднем около 10 м, мощность перекрывающих отложений – 30 м и более. Наибольшие площади распространения характерны для Пружанского, Пинского и Лунинского районов.

Залежи супесей, относящиеся к классам 4 и 5, в основном сконцентрированы на территории Пинского, Ивановского и Столинского районов под застроенными землями и землями, занятыми водными объектами на большой глубине – 40–50 м и более. Такие залежи отличаются незначительными площадями, в то время как мощность некоторых из них достигает 17 м.

Торф. Результаты ранжирования залежей *торфа* по «рациональной последовательности» включения в отработку приведены на рис. 10.

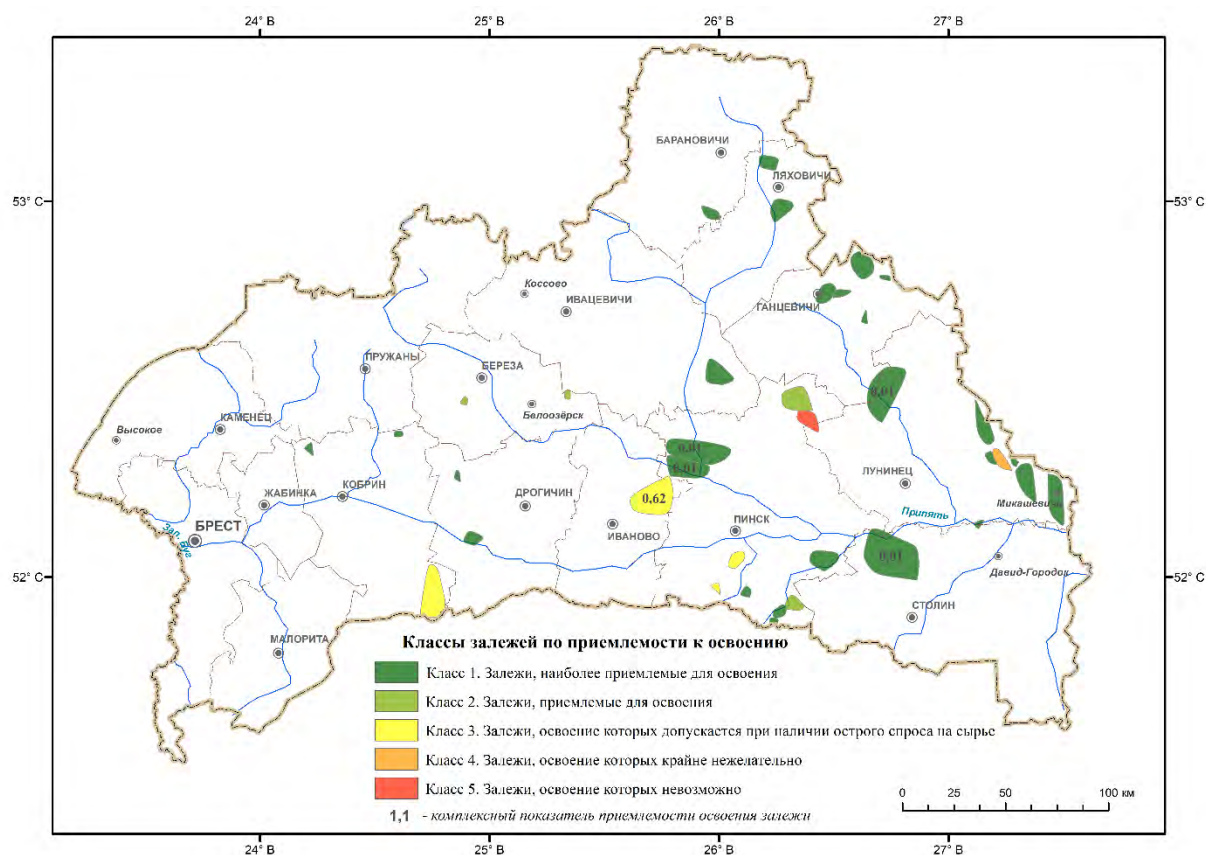


Рис. 10. Карта залежей торфа по перспективности освоения

Fig. 10. Map of peat deposits by development potential

В целом можно утверждать, что в сравнении с другими породами площади выделенных залежей торфа весьма незначительны. Большая их часть характеризуется залеганием непосредственно у земной поверхности (при средней мощности 3–4 м) в границах неиспользуемых либо малоиспользуемых земель. Таким образом, относительно приемлемости освоения преимущественная часть залежей фонда по торфу попадает в класс наиболее приемлемых для отработки (табл. 8).

Таблица 8. Сведения о площадных характеристиках потенциальных залежей торфа в разрезе классов приемлемости к освоению

Table 8. Information about the area characteristics of potential peat deposits by development acceptability class

Класс	Количество залежей	Площадь залежей, км ²	Удельный вес, %
1	27	842,1	71,8
2	4	76,5	6,5
3	4	209,6	17,8
4	1	18,7	1,6
5	1	26,5	2,3

На долю объектов ресурсного потенциала торфа, разработка которых допустима в случае возникновения острого спроса на сырье, приходится 17,8 % от общей площади выделенных участков. Такие залежи отмечаются на территории Кобринского, Ивановского и Пинского районов.

Нежелательными и недопустимыми для освоения с учетом современной структуры землеустройства региона, а также глубины залегания являются две залежи торфа суммарной площадью 45,2 км², приуроченные к территории Лунинецкого и Пинского районов.

Заключение. Предложен механизм классификации залежей нерудного сырья территории Брестской области (выделены по результатам цифрового геолого-генетического моделирования кайнозойских отложений региона) по приемлемости к освоению, базирующийся на учете критерия «категория земельного участка», а также геолого-промышленных характеристик оцениваемых ресурсов (мощности отложений и перекрывающих их пород). Для автоматизации процедуры классификации залежей по «рациональности» ввода в разработку с использованием ModelBuilder ГИС ArcGIS были сформированы инструменты «Классификация залежей по рациональному использованию» и «Классификация залежи по возможности освоения», применение которых позволило минимизировать временные и трудовые затраты на реализацию данной процедуры. По результатам классификации сформирован комплект карт, отражающих последовательность отработки залежей разных типов пород кайнозойской толщи области, позволивший выявить пространственные особенности распределения возможных с точки зрения первоочередного освоения залежей ОПИ в границах региона. Сформированный комплект карт и базы данных по ним могут быть использованы местными территориальными органами власти при разработке регионального плана действий по изучению, освоению, рациональному использованию залежей местных видов сырья.

В то же время стоит отметить, что реализованный в настоящем исследовании подход обоснования целесообразности разработки залежей с учетом статуса земель стоит рассматривать как предварительный. С целью принятия финального решения о возможности, приемлемости разработки той или иной залежи необходимо провести более детальное изучение района ее размещения, что позволит объективнее оценить воздействие планируемых работ на компоненты природной среды.

Благодарности. Статья подготовлена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь в рамках выполнения задания «Разработка геолого-информационной модели кайнозойских отложений территории Брестской и Гродненской областей как основы для прогнозирования новых наиболее доступных месторождений минерального сырья» (№ ГР 20211417) Государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 годы.

Acknowledgements. The article was prepared with the financial support of the Ministry of Education of the Republic of Belarus as part of the task "Development of a geological and information model of Cenozoic deposits in the Brest and Grodno regions as a basis for forecasting the new most accessible mineral deposits" of the State Research Institute "Natural Resources and Environment" for 2021–2025.

Список использованной литературы

1. Зайцев, А. Ю. Проблемы и особенности методики геолого-экономической и стоимостной оценки месторождений полезных ископаемых / А. Ю. Зайцев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – № S21. – С. 400–408.
2. Мининг, С. С. Совершенствование геолого-экономической и стоимостной оценок месторождений полезных ископаемых – одно из актуальных направлений стратегической геологии / С. С. Мининг // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – № 1. – С. 215–221.
3. Москвитин, А. И. Стадии и этапы геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых / А. И. Москвитин // Управление современной организацией: опыт, проблемы и перспективы. – 2016. – № 1. – С. 209–212.
4. Перекатов, Б. А. Геолого-экономическая оценка минерально-сырьевого потенциала недр Ленинградской области / Б. А. Перекатов, Ю. П. Тютиков, А. З. Романовский // Разведка и охрана недр. – 2005. – № 5. – С. 9–12.
5. Унукович, А. В. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых Беларуси: учеб.-метод. пособие / А. В. Унукович, Н. С. Петрова. – Минск : БГУ, 2016. – 40 с.
6. Лютягин, Д. В. Геолого-экономическое обоснование вовлечения в отработку месторождений общераспространенных полезных ископаемых : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Д. В. Лютягин ; Российский государственный геолого-разведочный институт. – М., 2006. – 28 с.
7. Черемисина, Е. Н. Геоинформационные системы в природопользовании / Е. Н. Черемисина, А. А. Никитин // Геоинформатика. – 2006. – № 3. – С. 5–20.
8. Пешкова, Г. Ю. Экспресс-оценка привлекательности разработки месторождений глины на основе геолого-экономических критериев (на примере Ленинградской области) / Г. Ю. Пешкова // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера : вестник научно-исследовательского центра корпоративного

права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. – 2016. – № 1. – С. 121–128.

9. Маевская, А. Н. Ранжирование земельного фонда административных районов Брестской области по приемлемости к освоению залежей строительного сырья / А. Н. Маевская, М. А. Богдасаров, Н. Н. Шешко // Природные ресурсы. – 2022. – № 2. – С. 45–56.
10. Поиски и разведка месторождений минерального строительного сырья / В. И. Ярцев [и др.]. – Минск : БГУ, 2001. – 120 с.
11. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Глинистые породы [Электронный ресурс] : распоряжение Министерства природных ресурсов Рос. Федерации, 5 июня 2007 г., № 37-р // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902305753>. – Дата доступа: 07.03.2023.

References

1. Zajcev A. Ju. *Problemy i osobennosti metodiki geologo-jekonomicheskoy i stoimostnoj ocenki mestorozhdenij poleznykh iskopaemykh* [Problems and peculiarities of geological, economic and cost evaluation methodology for mineral deposits]. *Gornyy informacionno-analiticheskij bjulleten'* = *Mining Information and Analytical Bulletin*, 2016, no. S21, pp. 400–408. (in Russian)
2. Mining S. S. *Sovershenstvovanie geologo-jekonomicheskoy i stoimostnoj ocenok mestorozhdenij poleznykh iskopaemykh – odno iz aktual'nykh napravlenij strategicheskoy geologii* [Improving geological, economic and cost estimation of mineral deposits is one of the topical areas of strategic geology]. *Gornyy informacionno-analiticheskij bjulleten'* = *Mining Information and Analytical Bulletin*, 2007, no. 1, pp. 215–221. (in Russian)
3. Moskvitin A. I. *Stadii i jetapy geologo-jekonomicheskoy ocenki mestorozhdenij poleznykh iskopaemykh* [Stages and phases of geological and economic evaluation of mineral deposits]. *Upravlenie sovremennoj organizaciej: opyt, problemy i perspektivy* = *Managing a modern organisation: experiences, problems and prospects*, 2016, no. 1, pp. 209–212. (in Russian)
4. Perekatov B. A., Tjutikov Yu. P., Romanovskij A. Z. *Geologo-jekonomicheskaja ocenka mineral'no-syr'evogo potenciala nedr Leningradskoj oblasti* [Geological and economic evaluation of the mineral resource potential of the subsoil of the Leningrad region]. *Razvedka i ohrana nedr* = *Exploration and protection of mineral resources*, 2005, no. 5, pp. 9–12. (in Russian)
5. Unukovich A. V., Petrova N. S. *Geologo-ekonomicheskaya otsenka mestorozhdenij poleznykh iskopaemykh Belarusi : ucheb.-metod. posobie* [Geological and economic assessment of mineral deposits in Belarus : training manual]. Minsk, BGU Publ., 2016, 40 p. (in Russian)
6. Lyutyagin D. V. *Geologo-ekonomicheskoe obosnovanie вовлечения в отработку месторождений общехозяйственных полезных ископаемых. Avtoref. dis. ... kand. ekon. nauk* [Geological and economic substantiation of involvement in the development of deposits of commonly occurring minerals. Ph. D. economics sci. abstract]. Moscow, 2006, 28 p. (in Russian)
7. Cheremisina E. N., Nikitin A. A. *Geoinformacionnye sistemy v prirodopol'zovanii* [Geoinformation systems in environmental management]. *Geoinformatika* = *Geoinformatics*, 2006, no. 3, pp. 5–20. (in Russian)
8. Peshkova G. Ju. *Jekspress-ocenka privlekatel'nosti razrabotki mestorozhdenij gliny na osnove geologo-jekonomicheskikh kriteriev (na primere Leningradskoj oblasti)* [Rapid assessment of the attractiveness of clay deposits based on geological and economic criteria (the example of the Leningrad region)]. *Korporativnoe upravlenie i innovacionnoe razvitie jekonomiki Severa* = *Corporate Governance and Innovative Development of the Northern Economy*. Governance and Venture Capital Investment at Syktyvkar State University, 2016, no. 1, pp. 121–128. (in Russian)
9. Maevskaya A. N., Bogdasarov M. A., Sheshko N. N. *Ranzhирование zemel'nogo fonda administrativnykh raionov Brestskoi oblasti po priemlemosti k osvoeniyu zalezhei stroitel'nogo syr'ya* [Ranking of the land fund of the administrative districts of the Brest region according to the acceptability to the development of deposits of construction raw materials]. *Prirodnye resursy* = *Natural Resources*, 2022, no. 2, pp. 45–56. (in Russian)
10. Yartsev V. I. [et al.]. *Poiski i razvedka mestorozhdenij mineral'nogo stroitel'nogo syr'ya* [Prospecting and prospecting for mineral deposits of construction raw materials]. Minsk, BGU Publ., 2001, 120 p. (in Russian)
11. *Metodicheskie rekomendacii po primeneniyu klassifikacii zapasov mestorozhdenij i prognoznnykh resursov tverdykh poleznykh iskopaemykh. Glinistye porody* [Methodological Recommendations for the Application of the Classification of Reserves of Deposits and Inferred Resources of Solid Minerals. Clayey rocks]. *Rasporyazhenie Ministerstva prirodnnykh resursov Rossijskoi Federacii* = *Decree of the Ministry of Natural Resources of Russian Federation*. June 5, 2007, no. 37-p. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/902305753> (accessed 7 March 2023). (in Russian)

Информация об авторах

Маевская Анна Николаевна – магистр географических наук, исследователь, преподаватель-стажер кафедры географии и природопользования, Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина (б-р Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь). E-mail: maevskaya.anna@inbox.ru

Богдасаров Максим Альбертович – доктор геолого-минералогических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, профессор кафедры географии и природопользования, Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина (б-р Космонавтов, 21, 224016, Брест, Беларусь); профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции БрГТУ (ул. Московская, 267, 224017, г. Брест, Беларусь). E-mail: bogdasarov73@mail.ru

Шешко Николай Николаевич – кандидат технических наук, доцент, начальник научно-исследовательской части, доцент кафедры природообустройства, Брестский государственный технический университет (ул. Московская, 267, 224017, г. Брест, Беларусь). E-mail: optimum@tut.by

Information about the authors

Anna N. Mayevskaya – Master of Geography, Researcher, Trainee Lecturer of the Department of Geography and Nature Management, Brest State A. S. Pushkin University (Cosmonauts Boulevard, 21, 224016, Brest, Belarus). E-mail: maevskaya.anna@inbox.ru

Maksim A. Bahdasarau – Dr. Sc. (Geological and Mineralogical), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus; Professor of the Department of Geography and Nature Management, Brest State A. S. Pushkin University (Cosmonauts Boulevard, 21, 224016, Brest, Belarus); Professor of the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, Brest State Technical University (Moskovskaya St., 267, 224017, Brest, Belarus). E-mail: bogdasarov73@mail.ru

Nikolay N. Sheshko – Ph. D. (Technics), Associate Professor, Head of the Research Department, Associate Professor of the Department of Environmental Management, Brest State Technical University (Moskovskaya St., 267, 224017, Brest, Belarus). E-mail: optimum@tut.by