

НАУКИ О ЗЕМЛЕ**EARTH SCIENCES**

УДК 631.432:[519.22+519.65]

<https://doi.org/10.29235/1561-8323-2022-66-4-444-453>

Поступило в редакцию 15.04.2022

Received 15.04.2022

А. Н. Червань¹, В. И. Мельник², В. М. Яцухно¹¹*Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь*²*Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь***ОЦЕНКА И ВНУТРИРЕГИОНАЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ УЯЗВИМОСТИ ПОЧВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ
К ЗАСУХАМ В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА***(Представлено академиком В. Ф. Логиновым)*

Аннотация. На основе наиболее полной, по сравнению с другими исследованиями этого вопроса, агрометеорологической информации впервые представлена количественная оценка площадей уязвимых почв к засухам и составлена серия карт, позволяющих выделить почвы сельскохозяйственных земель в зоне наиболее выраженного риска. Представлены результаты оценки уязвимости (предрасположенности или восприимчивости) почв сельскохозяйственных земель региона Белорусского Полесья к засухам. Для определения степени ее проявления предлагается использовать такие почвенно-гидрологические константы влагообеспеченности почв, как предельно полевая влагоемкость (ППВ), влажность разрыва капилляров (ВРК) и динамику изменения их показателей в течение вегетационного периода (апрель–октябрь) за 30-летний период (1989–2018 гг.). С применением ГИС-технологий составлена серия цифровых карт уязвимости почв аграрного землепользования к засухам на уровне региона, административных районов и отдельных сельскохозяйственных организаций. Выполнена группировка административных районов Белорусского Полесья по соотношению площадей сельскохозяйственных земель с разной степенью уязвимости почв к засухам для разработки территориально дифференцированных мероприятий по адаптации и смягчению их негативного влияния на агроэкосистемы. Полученные результаты исследований нашли практическое применение при разработке мероприятий по смягчению негативного влияния почвенных засух на сельскохозяйственное производство.

Ключевые слова: влагообеспеченность, почвенная засуха, пространственная оценка, уязвимость почв, ГИС-технологии

Для цитирования. Червань, А. Н. Оценка и внутрирегиональные различия уязвимости почв сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья к засухам в условиях потепления климата / А. Н. Червань, В. И. Мельник, В. М. Яцухно // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2022. – Т. 66, № 4. – С. 444–453. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2022-66-4-444-453>

Aliaksandr N. Chervan¹, Viktor I. Melnik², Valyantim M. Yatsukhno¹¹*Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus*²*Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus***ASSESSMENT AND INTRA-REGIONAL DIFFERENCES IN THE SOIL VULNERABILITY
OF THE AGRICULTURAL LANDS OF BELARUSIAN POLESYE TO DROUGHTS UNDER
WARMING CLIMATE***(Communicated by Academician Vladimir F. Loginov)*

Abstract. A quantitative assessment of the areas of vulnerable soils to droughts was presented for the first time and a series of maps was compiled to identify soils of agricultural lands in the zone of the most pronounced risk on the basis of the most complete agrometeorological information in comparison with other studies. The article presents the results of assessing the soil vulnerability (predisposition or susceptibility) of agricultural lands to droughts in the region of Belarusian

Polesye. To determine the degree of its manifestation, it is proposed to use such soil-hydrological constants of soil moisture availability as maximum field capacity moisture, rupture of capillary bonds and dynamics of change in their indicators during the growing season (April–October) over a 30-year period (1989–2018). The series of digital maps of the vulnerability of agricultural land use soils to droughts at the level of the region, administrative districts and individual agricultural organizations was compiled using the GIS technologies. The grouping of the administrative regions of Belarusian Polesye according to the ratio of agricultural land areas with varying degrees of soil vulnerability to droughts was carried out in order to develop territorially differentiated measures for adaptation and mitigation of their negative impact on agroecosystems. The obtained research results have found practical application in the development of measures to mitigate the negative impact of soil droughts on agricultural production. It is concluded that in the context of an increase in the number and duration of atmospheric droughts in the region, the need to apply the results of assessing the vulnerability of soils to their adverse effects is mandatory when substantiating and applying measures to adapt agricultural activities to mitigate the negative effects of droughts.

Keywords: moisture availability, soil drought, spatial assessment, soil vulnerability, GIS technologies

For citation. Chervan A. N., Melnik V. I., Yatsukhno V. M. Assessment and intra-regional differences in the soil vulnerability of the agricultural lands of Belarussian Polesye to droughts under warming climate. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2022, vol. 66, no. 4, pp. 444–453 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2022-66-4-444-453>

Введение. Наблюдаемое в последние несколько десятилетий на территории Беларуси изменение климата, сопровождающееся ростом температур воздуха и увеличением продолжительности периода потепления, оказывает существенное влияние на наиболее погодозависимый сектор экономики – сельское хозяйство, в частности растениеводство [1]. Существенный экономический ущерб сельскохозяйственному производству в Беларуси, обусловленный климатическими изменениями, наносят засухи, все чаще проявляющиеся и охватывающие значительную территорию [2]. Наиболее остро данная проблема проявляется в регионе Белорусского Полесья, где произошедшие в 1992–1996 гг. серии засух, а также последующие в 1999, 2000, 2006, 2009, 2010, 2012–2016, 2018, 2019, 2021 гг. засухи особенно негативно отразились на эффективности сельскохозяйственного производства. За период потепления повторяемость засух увеличилась почти вдвое по сравнению с предшествующим периодом в 50–70-е годы XX в. [3]. Так, повторяемость засух с площадью не менее 30 % территории административных областей республики составляет в Гомельской области 1 раз в 2 года, в Брестской – 1 раз в 2–3 года. За последний 75-летний период метеорологических наблюдений произошла трансформация частоты засух. Если в первой половине этого периода был характерен 4–5-летний цикл их колебаний, то в последние два десятилетия он сменился на 2–3-летний [4]. Усиление в регионе потепления, вызванного климатическими изменениями, способствовало выделению здесь новой (четвертой) агроклиматической области, в состав которой вошла значительная часть территории Брестской и Гомельской административных областей республики [1]. В среднем в указанной агроклиматической области сумма температур выше 10 °C за период активной вегетации колеблется от 2607 °C в ее северной части до 2740 °C – в южной. За этот период в новой агроклиматической области отмечены наименьшие значения гидротермического коэффициента увлажнения (ГТК) для территории Беларуси, который изменяется от 0,9 до 1,3, а в период засух опускается и до более низких величин. В отдельные годы (1992, 2002, 2010, 2013, 2015) значения ГТК по некоторым пунктам наблюдений в южных областях в августе не превышали 0,02–0,3, что характеризует условия увлажнения как сухие и очень сухие [3].

До настоящего времени за рубежом и в странах СНГ основное внимание уделялось изучению факторов, механизмов и закономерностей развития атмосферных (метеорологических) засух. Проявление же почвенной засухи во многом зависит от имеющихся влагозапасов в каждой почвенной разновидности, формирование и динамика водного режима которых зависит не только от климатических условий, но также определяется рельефом местности, гранулометрическим составом почв и содержанием в них гумуса, генетическими особенностями почвообразования и др. Почва в зависимости от ее водно-физических характеристик обладает свойством смягчения засух и вызываемых ими засушливых явлений. Выполнение подобной функции зависит от степени уязвимости почв к засухам, рассматриваемой как склонность и предрасположенность к этому неблагоприятному климатическому явлению и тем самым позволяет выявить степень их подвер-

женности последствиям изменения климата¹. Оценка уязвимости почв сельскохозяйственных земель к засухам является начальным и наиболее важным этапом научного обоснования и разработки организационно-территориальных и агротехнологических мер по адаптации аграрного землепользования к климатическим изменениям и смягчению их негативных последствий². О важности и необходимости учета почвенного фактора в познании механизмов влияния климатических изменений на агроэкосистемы, а также при разработке мер адаптационного и защитного характера по смягчению их последствий свидетельствует недавно принятая ФАО ООН обновленная Всемирная хартия о почвах. В частности, в преамбуле хартии подчеркивается, что «рациональное использование почв является одним из неотъемлемых элементов устойчивого сельского хозяйства, а также представляет собой ценный инструмент регулирования климата и путь сохранения экосистемных услуг и биоразнообразия»³. Оценка уязвимости почв сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья в данном исследовании является важным методическим и инновационным шагом для принятия необходимых мер по адаптации к почвенным засухам в условиях современного изменения климата. В данной работе на основе наиболее полной, по сравнению с другими исследованиями этого вопроса, агрометеорологической информации впервые представлена количественная оценка площадей уязвимых почв к засухам и составлена серия цифровых разномасштабных карт, позволяющих выделить почвы сельскохозяйственных земель в зоне наиболее выраженного риска. Полученные результаты исследований нашли практическое применение при разработке мероприятий по смягчению влияния почвенных засух на сельскохозяйственное производство.

Материалы и методы исследования. Объектом выполненного исследования являлись почвы сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья площадью свыше 2,9 млн га, представленные более чем 230 почвенными разновидностями, различающиеся по степени гидроморфизма, – от автоморфных до глееватых и глеевых, гранулометрическим составом почвообразующих пород – от рыхлых песчаных до суглинистых и осушенных торфяных почв, а также охватывающие все распространенные на территории Беларуси генетические типы почвообразования [5]. В качестве ключевых показателей для определения степени уязвимости почв к засухам предлагается использовать величины их влагозапасов, отражающие агрегированную оценку количества доступной влаги, обусловленной балансом осадков, почвенной влаги, испарения и различных видов водного стока. Условия гумидного климата, которые характерны для Беларуси, отличаются разновременным и частым чередованием засушливых и переувлажненных явлений, что и было использовано для оценки влагообеспеченности почв с применением их агрогидрологических констант [6–11].

Для оценки влагозапасов почв Белорусского Полесья анализировались подекадные результаты запасов продуктивной влаги в слое 0–20 см на наблюдательных полевых участках 17 метеостанций Брестской и Гомельской областей за вегетационные периоды (апрель–октябрь) в течение 1989–2018 гг. Проведение работ осуществлялось в соответствии с ТКП 17.10-09-2008 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорология. Правила организации агрометеорологических наблюдений и работ». Как известно, запасы продуктивной влаги в почве могут изменяться от избыточных (запасы влаги выше предельной полевой влагоемкости – ППВ) до полного отсутствия продуктивной влаги (влажность завядания – ВЗ). Верхним пределом оптимального содержания влаги в почве принимается ППВ – влага, удерживаемая сорбционными и капиллярными силами, а нижним – интервал влаги, равный 0,6–0,8 ППВ⁴, что соответствует влажности разрыва капилляров (ВРК) [11; 12].

¹ Drought impact and vulnerability assessment. A rapid review of practices and policy recommendations. – Bonn (Germany), 2019. – 65 p.

² Drought resilience, adaptation and management policy framework: supporting technical guidelines. – Bonn (Germany), 2019. – 48 p.; Drought risk assessment and management: a conceptual framework / European Commission. – Publications Office, 2018. – 66 p.; Climate change adaption in the agricultural sector in Europe. Luxemburg, 2019. – 110 p.

³ Revised World Soil Charter, FAO UN. – Rome, 2015. – 8 p.

⁴ Методические указания по аналитической оценке почвенно-гидрологических констант в эколого-мелиоративных целях. – Брест, 1996. – 31 с.

Последняя категория влаги в почве отражает величину влажности, при которой подвешенная влага в процессе испарения теряет склонность и перестает передвигаться к испаряющей поверхности и является нижним пределом доступной растениям влаги.

Таким образом, для параметризации влагообеспеченности почв выбран диапазон между величинами двух почвенно-гидрологических констант: ППВ и ВРК.

Наиболее информативным с точки зрения количественной оценки влагообеспеченности почв разного генезиса и гранулометрического состава является верхний слой почвы 0–20 см, как наиболее активный, содержащий основную массу корней растений и запасов гумуса, а главное, как слой, в котором всегда можно определить ППВ, тогда как в слое 0–50 см в некоторых почвах (при близком уровне почвенно-грунтовых вод) она неотделима от полной влагоемкости. В качестве меры (оценки) влагообеспеченности почвы определенного генезиса, гидроморфизма и гранулометрического состава было принято число дней за год или за вегетационный период, в течение которых содержание влаги в слое 0–20 см превышает ППВ и ниже ВРК. Последняя агрогидрологическая константа означает начальную степень повреждения сельскохозяйственных культур из-за засух и служит ключевым индикатором, определяющим степень уязвимости почв к рассматриваемому климатическому явлению. Обобщение обширной базы данных влагозапасов почв за 30-летний период позволило количественно определить дифференциацию их состояния по данному критерию. Так, к наиболее уязвимым к засухам отнесены почвы с показателем ниже ВРК, находящиеся в течение вегетационного периода более 130 дней, 91–130 – сильноуязвимым, 50–90 – среднеуязвимым, менее 50 дней – слабоуязвимым. Полученные данные были использованы при составлении электронного и бумажного вариантов карты степени уязвимости к засухам почв сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья масштаба 1 : 200 000, а также подобных карт Калинковичского и Пинского административных районов (масштаб 1 : 50 000) и сельскохозяйственных организаций (масштаб 1 : 10 000). Учитывая, что в балансе влагообеспеченности почв сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья заметную роль (40–60 %) играет величина латерального стока почвенно-грунтовых вод, было учтено их территориальное положение в составе определенной почвенной комбинации. Методика идентификации и картографирования последних базировалась на определении единства и близости групп почвенных таксонов разной степени гидроморфизма, литологических условий и размещения их в рельефе [13].

Результаты и их обсуждение. Отличительной особенностью климатических изменений на территории Белорусского Полесья за последние 30 лет является устойчивое повышение температуры воздуха, которое наиболее выражено в зимний (декабрь–февраль), весенний (март–апрель) и летний (июнь–август) сезоны. Как показали исследования, годовая температура воздуха в регионе за 1989–2018 гг. увеличилась на 1,3 °С по сравнению с климатической нормой (1961–1990 гг.) [14]. Это обусловило аномально ранние переходы температуры воздуха через 0 °С весной (в среднем на 8–13 дней раньше многолетних сроков). Переходы температуры через 5 °С и 10 °С весной также происходили раньше многолетних дат (на 7–10 и 2–7 дней соответственно). Увеличились суммы температур воздуха выше 0; 5; 10 и 15 °С и продолжительность периодов с пороговыми значениями указанных температур. На большей части Белорусского Полесья число жарких и сухих дней за период активной вегетации (май–август) в среднем по региону увеличилось на 2,5 дня. Наблюдается тенденция увеличения количества сухих дней в сочетании с максимальной температурой воздуха +25 °С и выше, особенно в июле–августе, что является неблагоприятным фактором для условий произрастания ряда сельскохозяйственных культур, и в первую очередь, зерновых, картофеля, льна, трав второго укоса. Рост числа засух, засушливых явлений становится важнейшей угрозой для растениеводческой отрасли Белорусского Полесья. Так, по данным Минсельхозпрода, в результате проявления засух за вегетационный период (май–июнь 2018 г.) в регионе погибли посевы сельхозкультур на площади 141,0 тыс. га, повреждены – на 368,0 тыс. га. Негативное влияние засух на растениеводческую отрасль во многом обусловлено преобладанием в структуре сельскохозяйственных земель легких песчаных и рыхлых супесчаных (66,7 %) и осушенных торфяных, в том числе деградированных (12,5 %) почв [5].

Оценка влагообеспеченности почв сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья выполнена по иерархическому принципу с учетом таксономического уровня классификации почвенного покрова в порядке: тип – подтип – род – вид. Генетическая дифференциация почв Беларуси по степени гидроморфизма (автоморфные, временно избыточно увлажненные, глееватые и глеевые) способствовала определению межгруппового разграничения значений агрогидрологических констант (ВРК и ППВ). Аллювиальные почвы в силу сложного водного режима, обусловленного паводковыми водами, а следовательно, соответствующим режимом водных объектов, в анализе влагообеспеченности не участвовали, и составили группу слабоуязвимых почв к засухам.

Внутригрупповая дифференциация числа дней вегетационного периода (апрель–октябрь) с содержанием влаги в пахотном слое почвы ниже ВРК для определения степени уязвимости к засухам проводилась на основе гранулометрического состава почв по видам с учетом наличия водоупора в подпахотном горизонте оцениваемых таксонов. Наличие водоупора было определено по содержанию физической глины в подпахотном горизонте почвы по отношению к гранулометрическому составу вышележащего горизонта. Кроме того, почвы в каждой группе были изначально распределены в порядке утяжеления гранулометрического состава: от рыхлых песков до легких и средних суглинков.

Наличие водоупора в отдельных видах почв служило обоснованием изменения группы по степени уязвимости: наиболее уязвимых на сильноуязвимые в оглеенных внизу почвах, сильноуязвимых на среднеуязвимые во временно избыточно увлажненных почвах, среднеуязвимых на слабоуязвимые в подтипе глееватых почв. Отсутствие водоупора, напротив, обуславливало принадлежность рассматриваемых видов почв к группе более уязвимых к засухам. Так, рыхлосупесчаные и связнопесчаные временно избыточно увлажненные почвы, сменяющиеся рыхлыми песками с глубины менее 1,0 м, были отнесены к группе сильноуязвимых почв к засухам, что дополнительно подтверждается зафиксированным максимальным числом дней – 170 – с влажностью почв в слое 0–20 см ниже ВРК.

На водоудерживающую способность почв, определяющую степень уязвимости их к засухам, существенное влияние оказывает дисперсность почв, которая детерминируется гранулометрическим составом. Однако для более полного объяснения причин различного содержания влаги в одинаковых по гранулометрическому составу почвах требуются более длительные исследования, направленные на выделение зависимости между содержанием влаги в почвах и их коллоидно-дисперсных тел через установление эффективной удельной поверхности твердой фазы таких почв [15].

Полученные результаты группировки почв сельскохозяйственных земель региона по показателям влагообеспеченности и их степени уязвимости к засухам отражены в таблице. Как следует из представленных данных, среднемноголетнее количество дней за вегетационный период с показателями влаги ниже ВРК, в зависимости от генетико-морфологического строения и гидрологических свойств почв региона, изменяется в широком диапазоне – от 24 до 152. Установлено, что общая площадь сельскохозяйственных земель с наиболее уязвимыми и сильноуязвимыми почвами к засухам составляет 393,2 тыс. га, или 13,6 % территории, среднеуязвимыми – 844,2 тыс. га, или 29,1 %, слабоуязвимыми – 1164,7 тыс. га, или 40,1 %. Окончательная степень уязвимости почв сельскохозяйственных земель к засухам определялась по принадлежности к идентифицированной по структуре почвенного покрова почвенной комбинации [13], границы которой определяют пространственное перераспределение запасов почвенной влаги в более крупных территориальных единицах и служат дополнительным критерием при оценке риска проявления почвенной засухи. Следует отметить, что почвенные комбинации типологически характеризуют геоморфологические, орографические и литологические условия почвообразования и землепользования, что предопределяет условия влагообеспеченности почвенного покрова и внутрипочвенного движения влаги.

Полученные данные свидетельствуют, что большая часть сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья находится в зоне риска, обусловленного высокой вероятностью подверженности засухам. Составленная в рамках проведенного исследования карта территориального распространения почв сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья разной степени

Группировка почв сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья по степени уязвимости к засухам
Grouping of agricultural land soils of Belarusian Polesye in terms of their vulnerability to drought

Степень гидроморфизма Hydromorphism degree	Гранулометрический состав почв и особенности подстилая/сменяемости почвообразующих пород Granulometric composition of soils and features of bedding/changeability of native rocks	Среднегодовое количество дней вегетационного периода (апрель–октябрь) с содержанием влаги в слое 0–20 см почвы Long-term average number of days of the growing season (April–October) with a moisture content in the 0–20 cm soil layer		Группа Group
		ниже ВРК	выше ППВ	
<i>Дерново-подзолистые, дерновые и дерново-карбонатные автоморфные</i>				
Автоморфные, оглеенные внизу и на контакте с подстилающей породой	Рыхло- и связнопесчаные, подстилаемые песками, реже на глубине 0,6–0,9 м более связными породами, иногда с их прослойками	152	45	1
	Рыхло- и связнопесчаные, подстилаемые связными породами и гравийно-хрящеватые песчаные	144	46	1
	Рыхлосупесчаные, переходящие в связносупесчаные, реже подстилаемые с глубины 0,8 м более связными породами	133	46	1
	Рыхлосупесчаные, подстилаемые моренными песками и супесями	125	47	2
	Рыхло-, реже связносупесчаные с прослойкой на глубине легкими и средними суглинками	117	48	2
	Связно-, реже рыхлосупесчаные, сменяемые рыхлыми песками	103	49	2
	Связносупесчаные, реже легкосуглинистые, иногда подстилаемые моренными суглинками	95	50	2
	Легко- и среднесуглинистые, подстилаемые песками, реже моренными суглинками	87	50	3
<i>Дерново-подзолистые и дерновые полугидроморфные</i>				
Временно избыточно увлажненные	Легкосуглинистые на пылеватых суглинках, подстилаемые рыхлыми песками, иногда связными породами	87	50	3
	Рыхлосупесчаные и связнопесчаные, сменяющиеся рыхлыми песками	97	40	2
	Связносупесчаные, подстилаемые песками, реже моренными суглинками	93	43	2
	Связно- и рыхлосупесчаные, подстилаемые с глубины моренными супесями, реже суглинками	89	46	3
	Рыхлосупесчаные и связнопесчаные, сменяющиеся связными песками или подстилаемые на глубине супесями	85	45	3
<i>Дерново-подзолистые, дерновые и дерново-карбонатные заболоченные</i>				
Глееватые и глеевые	Рыхлосупесчаные, сменяющиеся рыхлыми песками, и рыхлосупесчаные мощные, иногда подстилаемые связными породами	57	47	3
	Связносупесчаные, сменяющиеся рыхлыми песками и рыхлосупесчаные мощные, реже подстилаемые моренными суглинками	55	50	3
	Рыхлосупесчаные и связнопесчаные, сменяющиеся рыхлыми песками, иногда с прослойкой суглинка, подстилаемые связными породами	52	40	3
	Связно- и рыхлосупесчаные, часто иллювиально-гумусные, иногда подстилаемые моренными суглинками	48	30	4
	Связно- и рыхлосупесчаные, песчаные с близким стоянием уровня грунтовых вод	45	10	4
	Легкосуглинистые и связносупесчаные, часто с намытым верхом, иногда подстилаемые рыхлыми песками	38	16	4
	Легко- и среднесуглинистые, реже связносупесчаные, подстилаемые моренными суглинками	34	15	4
<i>Торфяно-болотные переходные и низинные</i>				
Осушенные	Торфянисто- и торфяно-глеевые мало- и среднемощные	24	12	4
	Деградированные сильноминерализованные торфяные	42	18	4

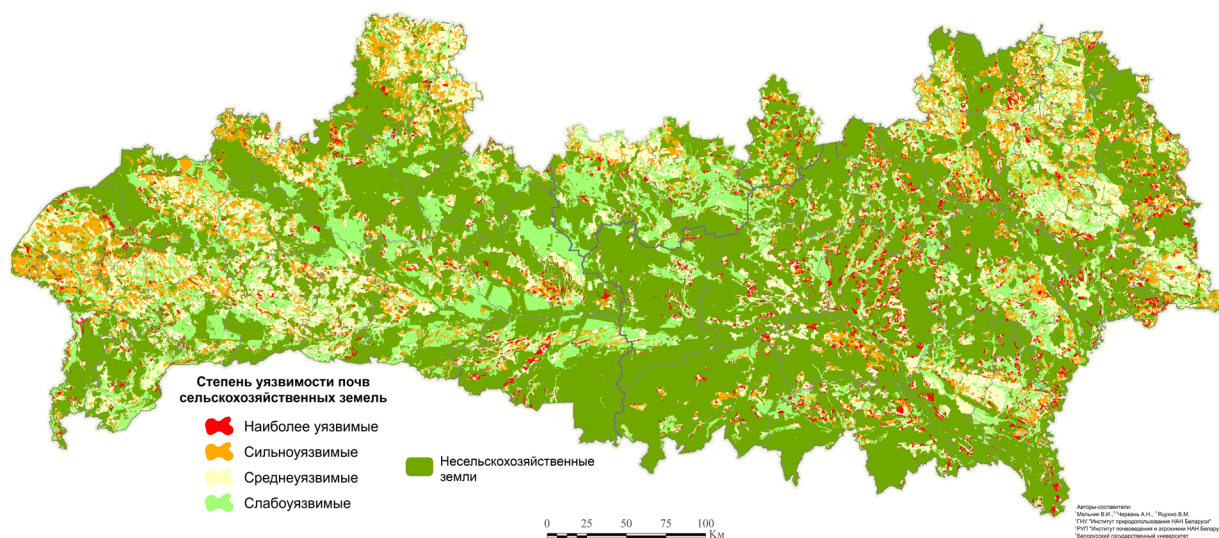


Рис. 1. Карта уязвимости почв сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья к засухам
 Fig. 1. Map of the soil vulnerability of agricultural lands of the Belarusian Polesye to droughts

уязвимости к засухам свидетельствует о выраженном внутрирегиональном различии их проявления (рис. 1).

С целью определения масштабов, интенсивности и вероятности возможного проявления почвенных засух на уровне аграрного землепользования административных районов Белорусского Полесья, определения первоочередных мер по их минимизации, а также предоставления преференций по предотвращению их негативного воздействия все 40 административных районов объединены в три группы. В первую группу вошли 22 административных района, в которых более 25 % площади сельскохозяйственных земель сложены почвами наиболее уязвимыми и сильноуязвимыми к засухам. К этой группе относятся в Брестской области – Брестский, Жабинковский, Пружанский, Ляховичский, Ивацевичский, Пинский районы; в Гомельской области – Лельчицкий, Ельский, Наровлянский, Мозырский, Калинковичский, Речицкий, Лоевский, Добрушский, Гомельский, Буда-Кошелевский, Ветковский, Светлогорский, Жлобинский, Рогачевский, Кормянский, Чечерский районы. Вторая группа включает 8 административных районов, где в почвенном покрове сельскохозяйственных земель до 40 % их площади занимают почвы, сильноуязвимые к засухам, и менее 10 % – наиболее уязвимые. В указанную группу вошли Каменецкий, Барановичский, Столинский, Житковичский, Петриковский, Хойникский, Брагинский и Глуский районы. В третью группу вошли 10 административных районов, где более 60 % сельскохозяйственных земель составляют средне- и слабоуязвимые к засухам почвы (Малоритский, Кобринский, Дрогичинский, Ивановский, Березовский, Ганцевичский, Лунинецкий, Солигорский, Любанский и Октябрьский районы).

Для научного обоснования и разработки практико-ориентированных мероприятий по адаптации системы земледелия к засухам и смягчению их негативных последствий необходимо базироваться на данных по уязвимости почв сельскохозяйственных земель, полученных в результате крупномасштабного ее картографирования на уровне отдельных административных районов и конкретных сельскохозяйственных организаций. В качестве такого примера может служить составленная цифровая карта, иллюстрирующая территориальное распространение разной степени уязвимости почв сельскохозяйственных земель Пинского района Брестской области (рис. 2). Отличительной чертой сельскохозяйственного земельного фонда Пинского района является наличие осушенных земель в пахотных и улучшенных луговых землях, главным образом, торфяно-болотных почв разной мощности торфяной залежи. Это существенно отразилось на соотношении площадей почв по степени уязвимости к засухам. Так, из общей площади сельскохозяйственных земель района, составляющих 134,3 тыс. га, 57,5 % занимают слабоуязвимые почвы к засухам, как правило, слагающие сельскохозяйственные земли, которые были подвергнуты осушению

в 60–80-х годах XX в. В большинстве их водный режим регулируется в результате сохранения и функционирования осушительно-увлажнительных систем. Около 22 % сельскохозяйственных земель, площадью свыше 29 тыс. га сложены наиболее уязвимыми и сильноуязвимыми к засухам почвами. Они приурочены к невысоким водораздельным пространствам, где преобладают автоморфные и оглеенные внизу легкие песчаные и реже супесчаные почвы, подстилаемые рыхлыми и связными песками. Высокой степенью уязвимости отмечаются также деградированные торфяно-минеральные почвы, образовавшиеся после интенсивного их использования и сработки торфяного слоя. Из общей площади органомогенных (торфяно-болотных) почв, используемых в сельскохозяйственных целях (34,3 тыс. га), деградированные почвы занимают 13,4 тыс. га, на которых заметно возросла вероятность проявления засух [16]. Непромывной водный режим указанных почв объясняется заметным снижением уровня почвенно-грунтовых вод, обуславливающего разрыв капиллярной каймы на глубине ниже пахотного горизонта, что приводит к быстрому его иссушению во время проявления атмосферных засух.



Рис. 2. Карта уязвимости почв сельскохозяйственных земель к засухам Пинского района Брестской области
Fig. 2. Map of soil vulnerability of agricultural lands to droughts in the Pinsk district of Brest region

Заключение. В данной работе на основе наиболее полной, по сравнению с другими исследованиями этого вопроса, агрометеорологической информации впервые представлена количественная оценка площадей уязвимых почв к засухам и составлена серия цифровых разномасштабных карт, позволяющих выделить почвы сельскохозяйственных земель в зоне наиболее выраженного риска. В условиях изменения климата и роста повторяемости почвенных засух полученные оценки уязвимости почв сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья к засухам являются основой для принятия необходимых мер по адаптации к почвенным засухам. Интенсивность негативного воздействия засух на продуктивность сельскохозяйственных культур и размеры экономического ущерба во многом определяются степенью уязвимости культивируемых почв к засухам, обусловленной многолетней внутрисезонной и территориальной изменчивостью влагозапасов в них. В качестве показателя для дифференциации почв сельскохозяйствен-

ных земель по степени их устойчивости к засухам использована почвенно-гидрологическая константа – влажность разрыва капилляров и продолжительность дней вегетационного периода (апрель–май), в которых она отмечена. Так, к наиболее уязвимым к засухам отнесены почвы, которые с показателем ниже ВРК находятся более 130 дней, к сильноуязвимым – 91–130, среднеуязвимым – 50–90, слабоуязвимым – менее 50 дней. Установлено, что общая площадь наиболее и сильноуязвимых почв сельскохозяйственных земель к засухам составляет 393,2 тыс. га, или 30,8 %, среднеуязвимых – 844,2 тыс. га, или 29,2 %, для которых необходимы первоочередные меры по адаптации систем земледелия к проявлению засух. Впервые составлена серия цифровых разномасштабных карт уязвимости почв сельскохозяйственных земель на уровне региона Белорусского Полесья (масштаб 1 : 20 000), ключевых административных районов (масштаб 1 : 50 000), отдельных сельскохозяйственных организаций (масштаб 1 : 10 000). Установлено, что в 22 из 40 административных районов Белорусского Полесья почвы сельскохозяйственных земель находятся в зоне выраженного риска, обусловленного высокой вероятностью подверженности засухам и проявления на них засушливых явлений. Полученные результаты исследований нашли практическое применение при разработке мероприятий по смягчению влияния почвенных засух на сельскохозяйственное производство.

Список использованных источников

1. Логинов, В. Ф. Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования. 2-е изд. доп. / В. Ф. Логинов, С. А. Лысенко, В. И. Мельник. – Минск, 2020. – 217 с.
2. Бровка, Ю. А. Изменение гидротермического коэффициента и повторяемости экстремальных условий увлажнения на территории Беларуси в период потепления климата / Ю. А. Бровка, И. В. Буйков // Природопользование. – 2020. – № 2. – С. 5–18.
3. Пространственно-временные изменения почвенных засух на территории Белорусского Полесья в условиях современного изменения климата / В. И. Мельник [и др.] // Природные ресурсы. – 2021. – № 1. – С. 15–21.
4. Вихров, В. И. Ретроспективные расчеты и пространственно-временная изменчивость сезонных показателей водного режима почв на территории Беларуси / В. И. Вихров. – Горки, 2019. – 176 с.
5. Почвы Республики Беларусь / под ред. В. В. Лапы. – Минск, 2019. – 632 с.
6. Романова, Т. А. Водный режим почв Беларуси / Т. А. Романова. – Минск, 2015. – 144 с.
7. Роде, А. А. Основы учения о почвенной влаге / А. А. Роде. – Л., 1965. – 242 с.
8. Вериги, С. А. Почвенная влага (применительно к сельскому и лесному хозяйству) / С. А. Вериги, Л. А. Разумова. – Л., 1973. – 328 с.
9. Реут, И. Б. Физика почв / И. Б. Реут. – М., 1972. – 368 с.
10. Муромцев, Н. М. Мелиоративная гидрофизика почв / Н. М. Муромцев. – Л., 1991. – 272 с.
11. Лихацевич, А. П. Оценка факторов, формирующих неустойчивую влагообеспеченность почв сельскохозяйственных культур в гумидной зоне / А. П. Лихацевич, Е. А. Стельмах. – Минск, 2002. – 212 с.
12. Долгов, С. И. Исследование подвижности почвенной влажности и ее доступности для растений / С. И. Долгов. – М., 1988. – 325 с.
13. Theoretical basis and practical significance of investigations into soil cover patterns / Т. А. Ramanava [et al.] // *Eurasian Soil Science*. – 2011. – Vol. 44, N 3. – P. 272–280. <https://doi.org/10.1134/s106422931101011x>
14. Данилович, И. С. Современные изменения климата Белорусского Полесья: причины, следствия, прогнозы / И. С. Данилович, В. И. Мельник, Б. Гейер // Журн. Белорусского гос. ун-та. География, геология. – 2020. – № 1. – С. 3–13. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2020-1-3-13>
15. Смагин, А. В. К термодинамической теории водоудерживающей способности и дисперсности почв / А. В. Смагин // Почвоведение. – 2018. – № 7. – С. 836–851.
16. Осушенные торфяные и дерготорфяные почвы в составе сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / под ред. В. В. Лапы. – Минск, 2018. – 215 с.

References

1. Loginov V. F., Lysenko S. A., Melnik V. I. *Climate change in Belarus: causes, consequences, regulation possibilities*, 2nd ed. Minsk, 2020. 264 p. (in Russian).
2. Bровка Yu. A., Buyakov I. V. Changes in the hydrothermal coefficient and in the frequency of extreme humidifications conditions on the territory of Belarus during climate warming. *Prirodopol'zovanie* [Nature Management], 2020, no. 2, pp. 5–18 (in Russian).
3. Melnik V. I., Piskunovich N. G., Buyakov I. V., Yatsukhno V. M., Shumskaya T. G. The spatio-temporal pattern of soil droughts on the territory of the Belarusian Polesia in accordance with current climate change. *Prirodnye resursy = Natural Resources*, 2021, no. 1, pp. 15–21 (in Russian).

4. Vikhrov V. I. *Retrospective calculations and spatial and temporal variability of seasonal indicators of soil water regime in Belarus*. Gorki, 2019. 176 p. (in Russian).
5. Lapa V. V., ed. *Soils of Republic of Belarus*. Minsk, 2019. 632 p. (in Russian).
6. Romanova T. A. *Water regime of soils in Belarus*. Minsk, 2015. 144 p. (in Russian).
7. Rode A. A. *Fundamentals of the doctrine of soil moisture*. Leningrad, 1965. 245 p. (in Russian).
8. Verigo S. A., Razomova L. A. *Soil moisture (applicable to agriculture and forestry)*. Leningrad, 1973. 328 p. (in Russian).
9. Reut I. B. *Physics of soils*. Moscow, 1972. 368 p. (in Russian).
10. Muromtsev N. M. *Meliorative hydrophysics of soils*. Leningrad, 1991. 272 p. (in Russian).
11. Likhatchevich A. P., Stel'makh E. A. *Assessment of the factors that form the unstable moisture supply of soils of agricultural crops in the humid zone*. Minsk, 2002. 212 p. (in Russian).
12. Dolgov S. I. *Study of soil moisture mobility and its availability for plants*. Moscow, 1988. 325 p. (in Russian).
13. Romanova T. A., Chervan A. N., Andreeva V. L. Theoretical basis and practical significance of investigations into soil cover patterns. *Eurasian Soil Science*, 2011, vol. 44, no. 3, pp. 272–280. <https://doi.org/10.1134/s106422931101011x>
14. Danilovich I. S., Melnik V. I., Geyer B. The current climate changes of Belarusian Polesje region: factors, consequences, projections. *Journal of the Balarusian State University. Geography and Geology*, 2020, no. 1, pp. 3–13 (in Russian). <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2020-1-3-13>
15. Smagin A. V. About thermodynamic theory of water retention capacity and dispersity of soils. *Eurasian Soil Science*, 2018, vol. 51, no. 7, pp. 782–796. <https://doi.org/10.1134/s1064229318070098>
16. Lapa V. V., ed. *Drained peat and degropeat soils in the composition of agricultural lands of the Republic of Belarus*. Minsk, 2018. 215 p. (in Russian).

Информация об авторах

Червань Александр Николаевич – канд. с.-х. наук, заведующий кафедрой. Белорусский государственный университет (ул. Ленинградская, 16, 220006, Минск, Республика Беларусь). E-mail: chervan@bsu.by.

Мельник Виктор Иванович – канд. географ. наук, ст. науч. сотрудник. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, Минск, Республика Беларусь). E-mail: v.melnik2016@mail.ru.

Яцухно Валентин Минович – канд. с.-х. наук, вед. науч. сотрудник. Белорусский государственный университет (ул. Ленинградская, 16, 220006, Минск, Республика Беларусь). E-mail: yatsukhno@bsu.by.

Information about authors

Chervan Aliaksandr M. – Ph. D. (Agrarian), Head of the Department. Belarusian State University (16, Leningradskaya Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: chervan@bsu.by.

Melnik Viktor I. – Ph. D. (Geography), Senior Researcher. Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skorina Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: v.melnik2016@mail.ru.

Yatsukhno Valyantyn M. – Ph. D. (Agrarian), Leading Researcher. Belarusian State University (16, Leningradskaya Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: yatsukhno@bsu.by.