

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ мелиорированных земель

УДК 631.432:519.22

УЯЗВИМОСТЬ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ К ЗАСУХАМ В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

А. С. Мееровский¹, доктор сельскохозяйственных наук

В. И. Мельник², кандидат географических наук

В. М. Яцухно³, кандидат сельскохозяйственных наук

¹РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

²ГНУ «Институт природопользования» НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

³Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Аннотация

Приводятся результаты исследования, посвященного типизации почв сельскохозяйственных земель региона Белорусского Полесья по степени их уязвимости (предрасположенности) к засухам. Для этого была выполнена оценка увлажнения указанных почв за период потепления климата (1989–2018 гг.), выявлена динамика их влагозапасов в течение вегетационного периода (апрель – октябрь). На примере аграрного землепользования Калинковичского и Пинского административных районов показаны пространственное различие и неоднородность почв по степени их уязвимости к засухам, что требует применения дифференцированных мер по адаптации и смягчению последствий климатических изменений.

Ключевые слова: почвы сельскохозяйственных земель, влагозапасы почв, агрогидрологические константы, уязвимость почв, почвенная засуха, влажность разрыва капилляров, полная полевая влагоемкость, потепление климата, осушенные почвы.

Abstract

A. S. Meerovsky, V. I. Melnik, V. M. Yatsukhno
SOIL VULNERABILITY TO DROUGHTS IN THE CONDITIONS OF THE EARTH WARM OF THE BELARUSIAN POLESSIE

The article presents the results of a study devoted to the typification of soils of agricultural lands in the region of Belarusian Polesie according to the degree of their vulnerability (predisposition) to droughts. For this, an assessment was made of the moisture content of these soils during the period of climate warming (1989–2018), and the dynamics of their moisture reserves during the growing season (April – October) was revealed. Using the example of agricultural land use in the Kalinkovichi and Pinsk administrative districts, we show the spatial difference and soil fertility in terms of their vulnerability to droughts, which requires the use of differentiated measures to adapt them to mitigate the consequences of climate change.

Keywords: agricultural soils, soil moisture reserves, agrohydrological constants, soil vulnerability, soil drought, capillary rupture moisture, total field moisture capacity, climate warming, drained soils.

Введение

Наблюдаемое в последние несколько десятилетий потепление климата на территории Беларуси сопровождается ростом температур воздуха, что привело к увеличению частоты и продолжительности засух, которые негативно влияют на растениеводческую отрасль сель-

ского хозяйства. Особенно это проявляется в регионе Белорусского Полесья, где в структуре сельскохозяйственных земель преобладают весьма чувствительные к погодным условиям и климатическим изменениям легкие по гранулометрическому составу песчаные и рыхлые

супесчаные почвы, а также мегкозалежные торфяные и сильно минерализованные осушенные (дегродторфяные) почвы. Возникающие при этом экологические риски возделывания сельскохозяйственных культур в результате проявления засух ежегодно наносят заметный экономический ущерб за счет недобора и даже потери их урожайности. Кроме этого, заметно ухудшается в целом ситуация с влагообеспеченностью в регионе, что негативно отражается на состоянии и функционировании всех расположенных здесь экосистем, а также на водообеспечении сельского населения.

С учетом этого обстоятельства назрела необходимость принятия безотлагательных и действенных мер по предотвращению и смягчению последствий засух. Их обоснование и разработка должны базироваться на оценке уязвимости разнообразных почв к проявлению засух, понимаемой как «склонность и предрасположенность к неблагоприятным климатическим воздействиям и выражающейся степенью их подверженности последствий изменения климата» [1]. Выдвигаемая идея первичности определения уязвимости почв к

засухам неслучайна, ибо без ее определения невозможно объективно судить, какие меры и в какой степени необходимы для успешного решения задач адаптации и смягчения последствий засух, особенно на сельскохозяйственных землях. В контексте научных исследований эта проблема не получила должного развития, хотя ее направления, связанные с оценкой водопотребления сельскохозяйственных культур при недостатке почвенной влаги (главным образом, для целей орошаемой мелиорации), косвенно отражены в работах белорусских исследователей [2, 3]. В общем постановочном плане необходимость исследования, оценки и картографического отображения уязвимости почв к засухам затрагивается в ряде зарубежных научно-поисковых разработках, методических указаниях и аналитических обзорах [4–8]. Типизация почв сельскохозяйственных земель по степени их уязвимости к засухам является наиболее востребованной процедурой при принятии решений, касающихся дифференцированного применения мер по предотвращению и смягчению последствий засух.

Методика и объекты исследований

В качестве ключевых характеристик, определяющих степень уязвимости почв к климатическим изменениям, в частности засухам, использованы показатели запасов почвенной влаги. Наличие в сельскохозяйственном производстве Белорусского Полесья широкого спектра почв, различающихся по степени увлажнения и водному режиму, – от автоморфных, временно избыточно увлажненных, до глееватых и глеевых, имеющих иной гранулометрический состав их почвообразующих пород, от рыхлых песчаных до суглинистых и торфяных почв – позволяет типизировать многообразие почв сельскохозяйственных земель региона по степени уязвимости к засухам, поскольку каждая из них отражает агрегированную оценку количества доступной влаги, обусловленной балансом количества осадков, испарения и разных видов водного стока.

В данном исследовании для оценки влагозапасов почв Белорусского Полесья анализировались подекадные результаты запасов продуктивной влаги в слое 0–20 см на наблю-

дательных полевых участках 17 метеостанций Брестской и Гомельской областей за вегетационные периоды (апрель – октябрь) в течение 1989–2018 гг. Проведение работ осуществляется в соответствии с ТКП 17.10-09-2008 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорология. Правила организации агрометеорологических наблюдений и работ».

Как известно, на величину влагозапасов оказывает влияние ряд факторов (температура и количество выпадающих осадков, уровни грунтовых вод, гранулометрический состав почв, местоположение участка и др.). В зависимости от этих величин запасы продуктивной влаги в почве могут изменяться от избыточных (запасы влаги выше предельной полевой влагоемкости – ППВ) до полного отсутствия продуктивной влаги (влажности завядания). В соответствии с установленными критериями началом почвенной засухи считались запасы продуктивной влаги ниже влажности разрыва капилляров (ВРК) в слое 0–20 см [9, 10].

Последняя агрогидрологическая константа означала начальную степень повреждения сельскохозяйственных культур из-за засух и служит ключевым индикатором, определяющим степень уязвимости почв к такому климатическому явлению. 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 дан-

ные были использованы при составлении электронного и бумажного вариантов карты (масштаб 1 : 200 000) степени уязвимости почв сельскохозяйственных земель к засухам Белорусского Полесья, а также при определении соотношения площадей по степени их уязвимости в каждом из 40 административных районах региона. В качестве модельных были составлены аналогичные карты Пинского р-на Брестской обл. и Калинковичского р-на Гомельской обл.

Результаты исследований и их обсуждение

Наблюдаемое с 1989 г. на территории Белорусского Полесья потепление климата характеризуется достаточно устойчивым повышением температуры воздуха. Оно отмечено практически во все месяцы года, но наиболее выражено в зимний (декабрь – февраль), весенний (март – апрель) и летний (июнь – август) сезоны. В целом годовая температура воздуха в регионе за период 1989–2018 гг. увеличилась на 1,3 °С по сравнению с климатической нормой (1961–1990 гг.). Это обусловило снижение степени увлажнения территории Белорусского Полесья, особенно за период активной вегетации с суммами температур выше 10 °С, что подтверждается уменьшением величин гидротермического коэффициента (ГТК) Селянинова, который колеблется от 0,9 до 1,3, а в период засух опускается и до более низких величин [9, 10]. В течение 1989–2018 гг. на территории Белорусского Полесья зарегистрированы аномально ранние устойчивые 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 °С; 5 °С; 10 °С; 15 °С и продолжительность периодов с пороговыми значениями указанных температур. Во многом это обусловлено возрастанием числа жарких и сухих дней, число которых за период активной вегетации (май – август) в среднем увеличилось на 2,5 дня.

Следует признать, что при характеристиках и оценках засух они рассматриваются чаще всего как атмосферное явление. Что касается

почвенной засухи, то она проявляется более территориально дифференцированно, что обусловлено природной неоднородностью и мозаичностью почвенного покрова, разнообразием его гидрофизических свойств. Последние зависят не только от типа почв, гранулометрического состава, положения в рельефе, но также от их мелиоративного преобразования и направлений, интенсивности хозяйственной деятельности. Наблюдаемое и прогнозируемое потепление климата в регионе вызывает очередную негативную цепную реакцию в почвенном покрове, степень проявления которой будет зависеть в первую очередь от величины имеющихся влагозапасов в каждой слагающей его почвенной разновидности [11].

В данном контексте влажность почв играет роль ключевой переменной в системе классификации засух. С одной стороны, она может рассматриваться как индикатор почвенной засухи, так как она в значительной мере контролирует транспирацию и рост растений. С другой, влажность почвы является показателем метеорологической и гидрологической засух, поскольку она обеспечивает агрегированную оценку количества доступной влаги, обусловленную балансом количества осадков, испарения и разных видов стока. Обобщение данных, полученных на метеостанциях Белорусского Полесья, показало, что во время их проявления заметно увеличивается расход почвенной влаги, что приводит к снижению влагозапасов на 15–33 мм. Учитывая то обстоятельство, что повторяемость почвенных засух заметно растет (таблица), можно ожидать усиление их негативных последствий.

Таблица. Изменение повторяемости лет с почвенными засухами в Белорусском Полесье за вегетационный период (апрель – октябрь), %

Период	Область	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	IV – X
1951–1980 (до потепления)	Брестская	–	14	55	58	54	45	17	–	82
	Гомельская	6	37	66	57	55	35	8	–	85
1989–2018 (после потепления)	Брестская	20	73	93	87	87	77	30	3	100
	Гомельская	27	77	87	87	93	60	13	3	100
Разность	Брестская	20	59	38	29	33	32	13	3	18
	Гомельская	21	40	21	30	38	25	5	3	15

Из полученных данных следует, что за период 1989–2018 гг. почвенные засухи отмечались в течение вегетационного периода (апрель – октябрь) практически каждый год в обеих областях. Наибольшая повторяемость почвенных засух наблюдается в июне (Брестской – 93 %, Гомельской – 87 %), июле (87 % в обеих областях) и августе (87 % в Брестской и 93 % в Гомельской обл.).

Для определения степени уязвимости различных почв сельскохозяйственных земель региона были обобщены результаты наблюдений за их водным режимом на пунктах наблюдений на метеостанциях. В частности, установлена продолжительность (количество дней) с содержанием влаги в слое почвы меньше влажности разрыва капилляров (ВРК) за 30-летний период (1989–2018 гг.). Дифференциация степени уязвимости почв проводилась по иерархическому принципу исходя из таксономических уровней классификации почвенного покрова в следующем порядке: тип – подтип – род – вид. При этом границы почвенных разновидностей как наименьших естественно-генетически обусловленных таксонов учитывались в пространственном анализе степени уязвимости на уровне административных районов и отдельных хозяйств. На типовом уровне учтены типы минеральных и органогенных (торфяно-болотных) почв [12]. Аллювиальные почвы в силу сложного водного режима, обусловленного паводковыми водами, а следовательно, соответствующим режимом водных объектов, в анализе не участвовали и составили группу слабоуязвимых почв к засухам. Латеральный сток почвенно-грунтовых вод составляет не менее 60 %

объема влаги, приходящей в почвенный профиль. Поэтому положение в рельефе зачастую предопределяет степень гидроморфизма наряду с гранулометрическим составом почв и генезисом почвообразующих пород. Степень увлажненности является главной дифференцирующей характеристикой уязвимости почв к засухе и определяет временные изменения почвенно-гидрологических констант, отражающих качественно-количественные переходы влаги в системе «почва – растение». В частности, наиболее показательная константа – влажность разрыва капилляров в пахотном слое почв – имеет место на протяжении следующих периодов:

в автоморфных, оглеенных внизу и на контакте с подстилающей породой: 87–152 дней в году;

во временно избыточно увлажненных почвах: 86–97 дней;

в глееватых и глеевых почвах: 34–57 дней;

в органогенных гидротехнически мелиорированных: 24–42 дня.

Указанные периоды статистически подтверждаются зафиксированными на метеорологических станциях республики абсолютными значениями содержания влаги в корнеобитаемом слое почв в количестве меньше ВРК и максимальным числом таких дней, а также рассчитанной величиной этого показателя и средним значением предельной полевой влагоемкости.

Внутригрупповая дифференциация числа дней вегетационного периода (апрель – октябрь) с содержанием влаги в пахотном слое почвы меньше ВРК для определения степени уязвимости к засухам проводилась на основе

анализа 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. Обратное пропорционально этой последовательности изменяется степень уязвимости почв к засухам. Наличие водоупора в отдельных видах почв варьирует номер группы почв по степени уязвимости на одну единицу: от наиболее уязвимых до сильноуязвимых в оглеенных внизу почвах, от сильноуязвимых до среднеуязвимых во временно избыточно увлажненных почвах, от среднеуязвимых до слабоуязвимых в подтипе глееватых почв. Отсутствие водоупора, напротив, обуславливало принадлежность рассматриваемых видов почв к группе более уязвимых к засухам почв. Так, например, рыхлосупесчаные и связнопесчаные временно избыточно увлажненные почвы, сменяющиеся рыхлыми песками с глубины менее 1,0 м, были отнесены к группе сильноуязвимых к засухам почв, что дополнительно подтверждается зафиксированным максимальным числом дней (170) с влажностью почв в слое 0–20 см меньше ВРК и позволяет их рассматривать в данном аспекте аналогично автоморфным почвам.

На водоудерживающую способность почв, определяющую степень уязвимости их к засухам, существенное влияние оказывает дисперсность почв, которая детерминируется гранулометрическим их составом. Однако для более полного объяснения причин различного содержания влаги в одинаковых по гранулометрическому составу требуются более длительные исследования, направленные на выявление зависимости между содержанием влаги в почвах и их коллоидно-дисперсных тел через установление эффективной удельной поверхности твердой фазы таких почв [13].

В качестве картографической основы для иллюстрации и территориального размещения почв сельскохозяйственных земель с разной степенью уязвимости к засухам была

использована цифровая почвенная карта Белорусского Полесья, охватывающая аграрное землепользование площадью более 2 900,0 тыс. га и расположенное в 40 административных районах.

Из всего компонентного состава почвенного покрова сельскохозяйственных земель Беларуси, представленного 502 почвенными разновидностями, более половины из них расположено в Белорусском Полесье [14]. Подобное разнообразие почв и неоднородность почвенного покрова существенно отразилось на выраженной мозаичности расположения почв региона по степени устойчивости к засухам, что объясняет существенное различие и территориальную дифференциацию почв сельскохозяйственных земель по этому показателю. Так, в Гомельской области из общей площади 1 296,1 тыс. га сельскохозяйственных земель наиболее уязвимые к засухам почвы занимают 168,2 тыс. га (13,0 %), сильноуязвимые 280,0 (21,6 %), среднеуязвимые 366,1 (28,2 %), слабоуязвимые 482,2 (37,2 %), в Брестской области соответственно 67,9 тыс. га (4,9 %); 325,9 (24,0 %); 415,0 (30,6 %); 549,5 (40,5 %).

Одной из важнейших задач исследования являлось определение соотношения площадей почв сельскохозяйственных земель разной степени уязвимости почв к засухам в административных районах Белорусского Полесья с целью ранжирования их по масштабам, интенсивности и вероятности возможного проявления почвенных засух и принятия первоочередных мер, а также предоставления преференций по предотвращению их негативного воздействия. Все 40 административных районов Полесского региона были объединены в три группы с высокой, средней и низкой долей уязвимых к засухам почв (рис. 1).

В первую группу вошли 22 административных района, в которых более 25 % площади сельскохозяйственных земель, сложенных 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, Мозырьский, 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, Хойник-

ский, Брагинский и Глусский 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).

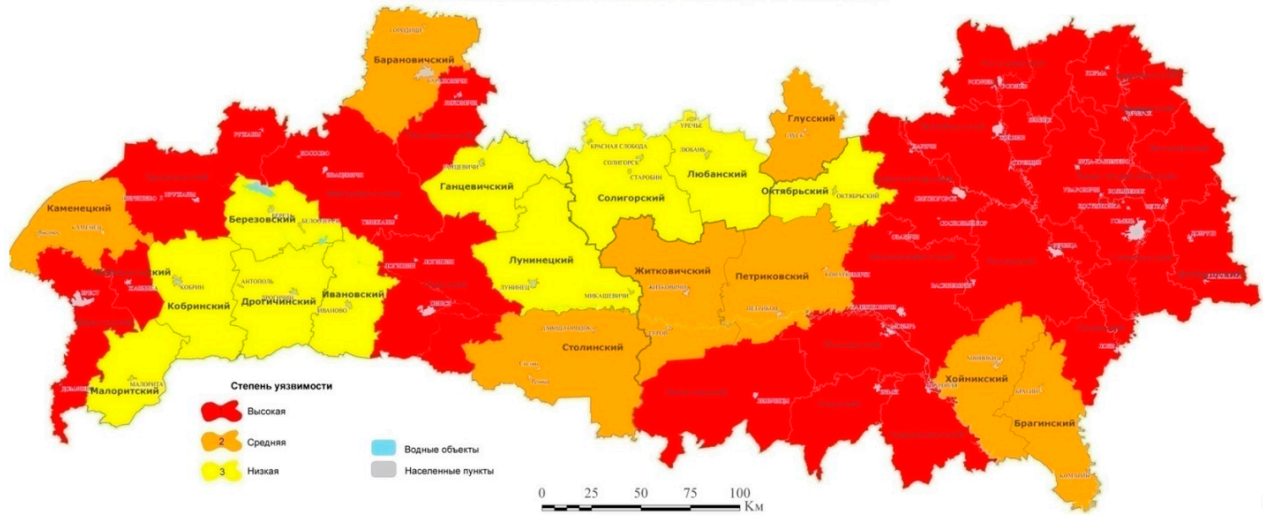


Рис. 1. Карта административных районов Белорусского Полесья по соотношению площадей разной степени уязвимых почв сельскохозяйственных земель к засухам

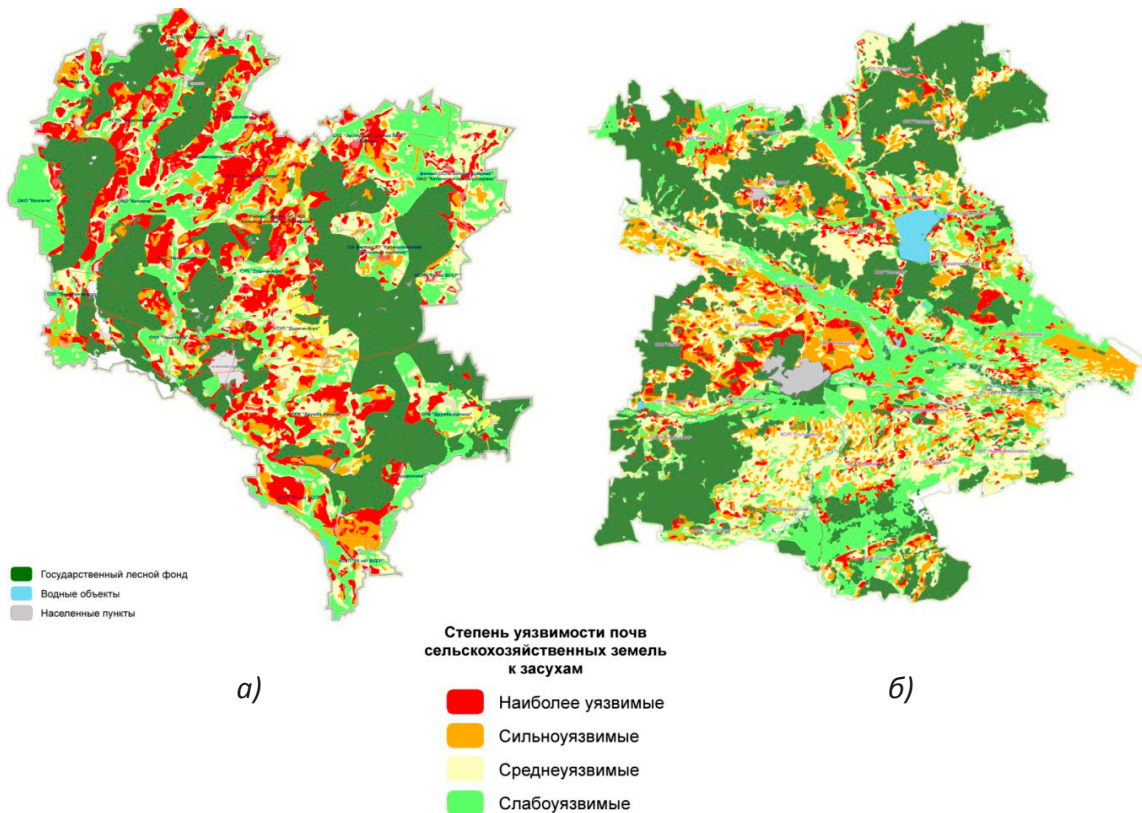


Рис. 2. Карты распределения почв сельскохозяйственных земель по степени уязвимости их к засухам: а) Калинковичский р-н; б) Пинский р-н

Выполненная группировка подтверждает, что в большинстве административных районов Белорусского Полесья сельскохозяйственные земли находятся в зоне значительного риска, обусловленного высокой вероятностью подверженности засухам и засушливым явлениям обрабатываемых почв, что требует разработки программы долгосрочных мероприятий по адаптации и смягчению их негативных последствий.

На основе цифровых карт сельскохозяйственных земель Калининковского р-на Гомельской обл. и Пинского р-на Брестской обл. определены территориальные распространения площадей почв, отличающихся разной степенью их уязвимости к засухам (рис. 2).

Установлено, что из общей площади сельскохозяйственных земель Калининковского административного района 94,0 тыс. га, из которых 23,9 % (25,5 тыс. га) занимают земли с наиболее уязвимыми почвами к засухам, сильноуязвимых 11,1 % (11,8 тыс. га), среднеуязвимых 22,2 % (20,9 тыс. га) и слабоуязвимых 40,6 % (38,1 тыс. га). По указанным показателям различаются землепользования отдельных 15 сельскохозяйственных организаций района. Так, площадь сельскохозяйственных земель с наиболее уязвимыми к засухам почвами составляет 41,7 % от общей площади сельскохозяйственных земель в КСУП «Березнянский»; 33,1 % в ОАО «Неманское»; 31,5 % в ОАО «Родина»; 36,0 % в СУП «Домановичи-Агро»; 30,5 % в СУП «Дудичи-Агро».

Для составления аналогичной карты Пинского р-на Брестской обл., отражающей уязвимость почв к засухам, была использована

цифровая карта почв района, составленная в 2015 г. Отличительной чертой сельскохозяйственного земельного фонда Пинского р-на является наличие в пахотных и улучшенных луговых землях осушенных земель, 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 1960–80-х гг. Их водный режим регулируется благодаря функционированию осушительно-увлажнительных мелиоративных 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. Промывной водный режим указанных почв объясняется заметным снижением уровня почвенно-грунтовых вод, что привело к разрыву капиллярной каймы на глубине ниже пахотного горизонта, что приводит к быстрому его иссушению во время проявления атмосферных засух.

Заключение

Оценка уязвимости почв сельскохозяйственных земель к засухам является начальным и наиболее важным этапом научного обоснования и практической реализации мер по адаптации к климатическим изменениям и смягчению их последствий.

По количеству дней за вегетационный период (апрель – октябрь) в течение потепления климата (1989–2018 гг.) с показателями влажности почв меньше величины ВРК все почвы сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья сгруппированы в 4 типа по степени их

уязвимости к засухам: наиболее уязвимые – более 130 дней; сильноуязвимые – 91–130; среднеуязвимые – 50–90; слабоуязвимые – менее 50 дней.

Почвенный покров, слагающий сельскохозяйственные земли региона, по-разному реагирует на проявление атмосферных засух, однако в его структуре в основном господствуют высокой степени (наиболее, сильно- и средне-) уязвимые почвы, занимающие 1 637,5 тыс. га, или 59,0 % их площади. По их площадному соотношению выделены три группы

административных районов, различающихся масштабами проявления и интенсивного воздействия засух на почвы сельскохозяйственных земель региона.

Полученные результаты исследований использованы в разработке методических рекомендаций по обоснованию и практическому

применению мероприятий, направленных на смягчение последствий засух на почвах Белорусского Полесья при возделывании сельскохозяйственных культур с учетом почвенных факторов адаптации растениеводства и земледелия к изменению климата.

Библиографический список

1. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation : a special report of working group I and II of IPCC / C. B. Field [et. al.]. – New York : Cambridge University Press, 2012. – 582 p.
2. Лихацевич, А. П. Оценка факторов, формирующих неустойчивую влагообеспеченность сельскохозяйственных культур в гумидной зоне / А. П. Лихацевич, Е. А. Стельмах. – Минск : ООО «Белпринт», 2002. – 212 с.
3. Вихров, В. И. Ретроспективные расчеты и пространственно-временная изменчивость сезонных показателей водного режима почв на территории Беларуси / В. И. Вихров. – Горки : БГСХА, 2019. – 176 с.
4. King-Okumu, C. Drought impact and vulnerability assessment : a rapid review of practices and policy recommendations / C. King-Okumu. – Bonn : UNCCD, 2019. – 65 p.
5. Crossman, N. D. Drought resilience, adaptation and management policy (DRAMP) framework : supporting technical guidelines / N. D. Crossman. – Bonn : UNCCD, 2019. – 48 p.
6. Cammalleri, C. A novel soil moisture–based drought index (DSI) combining water deficit magnitude and frequency / C. Cammalleri, F. Micale, J. Vogt // Hydrological processes. – 2015. – Vol. 30(2). – P. 289–301. DOI: <https://doi.org/10.1002/hyp.10578>.
7. Labeledzki, L. Parameterization of drought vulnerability assessment in agriculture / L. Labeledzki // Infrastructure and ecology of rural areas. – 2017. – № 1. – P. 535–544. DOI: <http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2017.2.1.040>.
8. Eitzinger, J. Regional climate change impacts on agricultural crop production in Central and Eastern Europe – hotspots, regional difference and common trends / Eitzinger J. [et. al.] // Journ. of Agricultural Science. – 2012. – № 10. – P. 1–26. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859612000767>.
9. Романова, Т. А. Водный режим почв Беларуси / Т. А. Романова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 144 с.
10. Вериги, С. А. Почвенная влага (применительно к сельскому и лесному хозяйству) / С. А. Вериги, Л. А. Разумова. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1973. – 328 с.
11. Jaeger, E. B. Impact of soil-moisture-atmosphere coupling on European climate extremes and a regional trends climate model / E. B. Jaeger, S. I. Seneviratne // Climate Dynamics. – 2011. – № 39. – P. 1919–1939. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00382-010-0780-8>.
12. Лапа, В. В. Почвы Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – 632 с.
13. Смагин, А. В. К термодинамической теории водоудерживающей способности и дисперсности почв / А. В. Смагин // Почвоведение. – 2018. – № 7. – С. 836–851.
14. Почвенное обследование земель и создание, обновление почвенных карт : ТКП 651-2020 (33520). – Минск : Госкомимущество, 2020. – 67 с.

Поступила 13 мая 2021 г.