

УДК 631.42: [519.22-519.65]

## **СИСТЕМА КРИТЕРИЕВ И ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ УЯЗВИМОСТИ ПОЧВ АГРОЛАНДШАФТОВ К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ**

***В.М. Яцухно, С.С. Бачила***

*Белорусский государственный университет,  
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: yatsukhno@bsu.by*

Представлены результаты научно-прикладных исследований по определению перечня и содержания основных критериев и индикаторов (показателей), используемых для оценки степени уязвимости (предрасположенности) почв сельскохозяйственных земель к проявлению засух и переувлажнения в условиях потепления климата. Предложено для такой оценки использовать показатели агрогидрологических констант почв и их продолжительность в течении вегетационного периода, показатели территориально-организационных условий аграрного землепользования и адаптационного потенциала.

*Ключевые слова:* уязвимость почв; изменение климата; засуха; переувлажнение; агрологические константы почв.

## **A SYSTEM OF CRITERIA AND INDICATORS FOR ASSESSING THE VULNERABILITY OF AGROLANDSCAPE SOILS TO CLIMATIC CHANGES**

***V.M. Yatsukhno, S.S. Bachila***

*Belarusian State University,  
Minsk, Republic of Belarus, e-mail: yatsukhno@bsu.by*

The results of scientific and applied research to determine the list and content of the main criteria and indicators (indicators) used to assess the degree of vulnerability (predisposition, susceptibility) of soils of agricultural lands to the manifestation of droughts and waterlogged phenomena in conditions of climate warming are presented. It is proposed to use direct indicators of long-term dynamics of soil-hydrological properties of soils during the growing season, as well as indirect indicators of territorial-organizational, geomorphological conditions and the ecological state of cultivated agroecosystems for such an assessment.

*Keywords:* soil vulnerability; climate change; drought; water saturation; soil agrological constants.

Наблюдаемые в последние несколько десятилетий изменения климата на территории Беларуси, сопровождающиеся ростом температур воздуха, пространственно-временной трансформацией количества осадков, увели-

чение вегетационного периода, привело к увеличению числа и повторяемости ряда неблагоприятных для растениеводства явлений, в частности возникновение почвенных засух на легких автоморфных почвах, и процессов чрезмерного переувлажнения на гидроморфных вариантах почв пахотных земель [1]. При этом отмечаются меж- и внутрирегиональные различия масштабов, интенсивности и длительности их развития. Это вызвано наличием и использованием в структуре аграрного землепользования республики широкого спектра почв различных по степени увлажненности, по содержанию гумуса и других свойств, от автоморфных до глееватых и глеевых, отличающихся гранулометрическим составом их почвообразующих пород, от рыхлых песчаных до суглинистых и торфяных почв. Все они обладают неодинаковой водопоглощающей и водоудерживающей способностью, что позволяет им с разной степенью реагировать и откликаться на негативные последствия климатических изменений. В этом контексте мы солидарны с утверждением, что «...влажностное содержание почвы является прямым действующим передаточным звеном влияния глобальных и региональных изменений климата на региональную структуру почвенно-растительного покрова, определяя в значительной мере и уровень первичной продуктивности» [2]. О важности и необходимости учета почвенного фактора в познании механизмов влияния климатических изменений на экосистемы, а также при разработке мер адаптационного и защитного характера по смягчению их последствий свидетельствует недавно принятая ФАО ООН обновленная Международная хартия о почвах. В частности в преамбуле хартии подчеркивается, что «Продуманное 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].

Следует отметить, что до настоящего времени за рубежом и в странах СНГ основное внимание уделялось изучению факторов, механизмов и закономерностей развития атмосферных (метеорологических) засух, отличительной чертой которых является фоновый (региональный) характер их развития. Проявление же почвенной засухи и ареалов переувлажнения 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 их положением в рельефе, гранулометрическим составом, содержанием гумуса, генетическими особенностями почвообразования и др. Поэтому почва как природное биокостное полиструктурное образование в зависимости от ее водно-физических характеристик обладает свойством смягчения проявления засух и явлений переувлажнения. Выполнение подобной функции зависит от

степени уязвимости почв, подверженности данным экстремальным климатическим воздействиям, способности почв справиться с негативными последствиями таких воздействий.

Уязвимость почв, которая трактуется как склонность или предрасположенность к неблагоприятным климатическим воздействиям [4], определяется не только характером, величиной и скоростью климатических изменений. На степень ее проявления, наряду с влиянием внутренних свойств, и структурного состава почв, оказывают существенное значение внешние социально-экономические, организационно-территориальные и экологические факторы аграрного землепользования. Все они во многом определяют способность почв противостоять изменяющимся климатическим условиям [5]. Могут наблюдаться и обратные тенденции, когда подобные факторы содействуют (усиливают) степень восприимчивости почвенного покрова к таким изменениям и снижают его адаптивный потенциал. Во многих рекомендательных документах глобального, национального и регионального уровнях утверждается, что первым и наиболее ответственным шагом при определении направлений адаптации изменения климата является уменьшение уязвимости и изменчивости климата [6]. Это значит, что оценка степени уязвимости, в частности почв к климатическим изменениям, является наиболее востребованной процедурой при планировании, приемке решений и практических мер по предотвращению или смягчению их негативных последствий.

В данном контексте актуальным является определение системы критериев и индикаторов и установление определенного набора показателей, необходимых для количественной оценки уязвимости почв, который отражал бы каждый из ранее указанных аспектов. Так, нами предложено выделить 4 главных критерия: климатический, почвенный, антропогенного воздействия и адаптивный потенциал, т.е. наличие социально-экономических условий, институциональных мер способствующих адаптации к климатическим изменениям (таблица). Наряду с прямыми показателями, характеризующими уязвимость почв к климатическим изменениям, использованы косвенные факторы, отражающие опосредственную, но иногда заметную роль антропогенных факторов, хозяйственного воздействия и социально-экономических условий, при использовании почв в аграрных целях.

К косвенным факторам можно отнести изменение и интенсивность землепользования, проявление процессов деградации почв, территориальную структуру агроландшафтов, структуру севооборотов, применяемые агротехнологии и др.

**Используемые критерии и индикаторы для оценки уязвимости почв Беларуси к проявлению последствий неблагоприятных климатических изменений**

Критерии	Аспекты уязвимости	Индикаторы
Климатическое воздействие	Экологический	Температура воздуха, осадки, испарение и тренды их изменчивости, проявление и усиление экстремальных погодных условий
Почвенные свойства		Водно-физические и агрохимические показатели почв и тенденции их изменения. Содержание гумуса в почвах и его динамика. Запасы углерода в агроэкосистемах, включая почвы. Структура почвенного покрова.
Антропогенное воздействие (факторы, усиливающие воздействие климата)	Территориально-организационный и агрохозяйственный	Структура земельного фонда, соотношение земель различного функционального назначения Интенсивность использования сельскохозяйственных земель. Доля почв, подверженных водной и ветровой эрозии. Доля мелиорированных (осушенных) земель. Степень лесистости территории. Содержание гумуса в почвах и его динамика. Запасы углерода в агроэкосистемах, включая почвы. Водно-физические и агрохимические показатели почв и тенденции их изменения.
Адаптационный потенциал (способность к адаптации к климатическим изменениям)	Социально-экономический	Отраслевая структура и специализация сельскохозяйственного производства. Результаты индикаторной оценки объемов и эффективности производства сельскохозяйственной продукции. Продуктивность сельскохозяйственных культур. Количество трудовых, материальных и энергетических ресурсов, используемых в сельскохозяйственном производстве. Доля населения сельских регионов с уровнем среднедушевых располагаемых ресурсов ниже бюджета прожиточного минимума. Количество добытой (изъятной) воды, приходящей на 1 чел., /м <sup>3</sup> /чел.). Индекс демографической нагрузки. Доля сельскохозяйственных земель, используемых в органическом земледелии.
	Институциональный	Международные обязательства в области борьбы с последствиями изменения климата. Национальная нормативно-правовая база. Система мониторинга и оперативного оповещения. Государственная политика и управление в области регулирования и охраны климата, рационального использования и охраны земельных и почвенных ресурсов.

С целью типизации характеристик увлажнения почв и определения их гидрологических особенностей и режимов, нами были применены методические подходы, использованные и изложенные в монографии Романовой Т.А. [7]. а также в работах других авторов [8-10]. В качестве операционных единиц увлажненности почв использованы две агрогидрологические почвенные константы: предельная полевая влажность (ППВ) и влажность разрыва капиллярной связи (ВРК). Под ППВ или наименьшей влагоемкостью (НВ), обычно понимают количество влаги, удерживаемое в почве адсорбционными и капиллярными силами после избыточного ее увлажнения при свободном оттоке гравитационной воды. Содержание влаги выше ППВ свидетельствует о переувлажнении почв.

ВРК – влажность почвы, при которой нарушается сплошное заполнение капилляров почвы водой, и которая характеризует нижний предел влажности почвы, оптимальный для растений. ВРК означает начальную степень повреждения растений от засухи и засушливых явлений и служит важным критерием, определяющим степень уязвимости почв к таким явлениям.

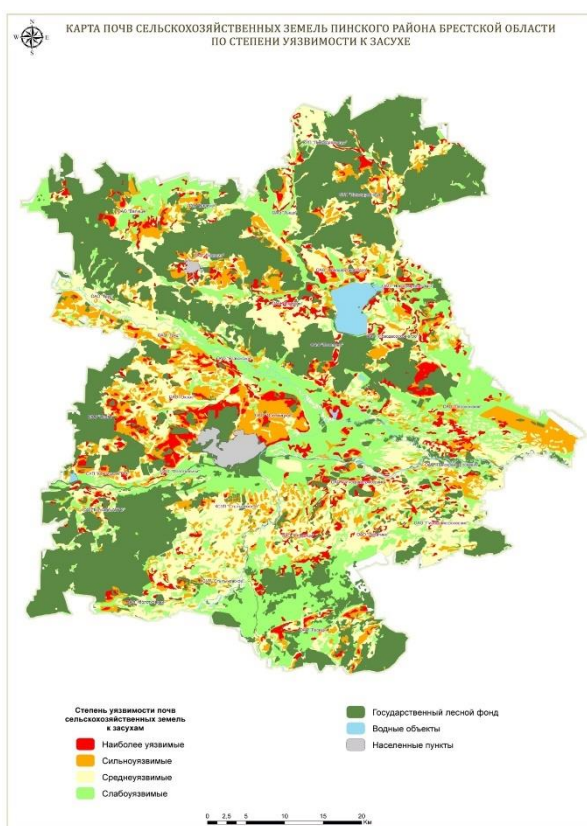
Наиболее информативным с точки зрения количественной оценки увлажненности почв разного генезиса и гранулометрического состава, является слой почвы 0-20 см, как наиболее активный, содержащий основную массу корней растений и запасов гумуса, а главное, как слой, в котором всегда можно определить ППВ, тогда как в слое 0-50 см в некоторых почвах (при близком уровне грунтовых вод) она неотделима от полной влагоемкости (ПВ).

Таким образом, в качестве меры (оценки) увлажненности почвы определенного генезиса и гранулометрического состава можно принять: число дней за год или за вегетационный период, в течение которых содержание влаги в слое 0-20 см равно или превышает ППВ и меньше ВРК. Использование вышеуказанных гидрологических констант почв для оценки степени их уязвимости к засухам и засушливым явлениям или переувлажнения позволяет достоверно характеризовать водообеспечивающую способность каждой почвенной разновидности в среднемноголетнем измерении. Исходными данными оценки уязвимости почв к засухам могут служить сведения о влагозапасах почв в слое 0-20 см, с использованием данных декадного разрешения, полученных на всех метеостанциях Беларуси в течение вегетационного периода (апрель-октябрь), за 30-летний период (1989-2018 гг.).

Особое внимание следует уделить такому показателю как ВРК и количеству дней в вегетационный период (апрель – октябрь), в течение которых запасы влаги в слое 0 – 20 см характеризуются ниже ВРК. По соотношению количества дней за вегетационный период с влажностью почв меньше величины ВРК в слое 0 – 20 см все исследуемые почвы были разделены на 4

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

В качестве примера картографирования отражение разной степени уязвимости почв к засухам приводится аналогичная карта территории Пинского района Брестской области (рисунок). Так, из общей площади сельскохозяйственных земель района, составляющих 132,3 тыс. га, 57,5 % занимают слабоуязвимые почвы, 22,0 % - наиболее и сильно уязвимые почвы, 20,5 % среднеуязвимые почвы. Так, отмечено, что высокой степенью уязвимости почв характеризуются автоморфные рыхлопесчаные и деградированные торфяно-минеральные почвы, образовавшиеся после сработки верхнего торфяного слоя.



Карта распределения почв сельскохозяйственных земель Пинского района Брестской области по степени уязвимости к засухе

Полученные результаты исследования получены при выполнении научного задания в течении 2018-2020 гг. в рамках ГНТП «Природопользование и экологические риски» на 2016-2020 гг. и отражены в ряде специальных публикаций [11, 12].

### Библиографические ссылки

1. Логинов В.Ф., Лысенко С.А., Мельник В.И. /Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования. 2-е изд. доп. – Минск: УП «Энциклопедикс» 2020. – 264с.
2. Логинов В.Ф., Волчек А.А. Водный баланс речных водосборов Беларуси. Изд-во «Тонник», - Минск, 2006. – 106 с.
3. Пересмотренная Всемирная хартия почв. ФАО ООН, Рим, 2015. – 6 с.
4. IPCC. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special report of Working Group I and II of IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2012. – 582 p.
5. Brooks N., Adger W., Kelly P. The determinants of vulnerability and adaptive capacity of the national level and the implications for adaptation // Global Environmental Change 15, 2005. – pp. 151-163.
6. Drought Risk Assessment and Management: A Conceptual Framework. JRC Technical Report, Luxemburg, 2018. – 66 p.
7. Романова Т.А. Водный режим почв Беларуси. УП «ИВЦ Минфина», Минск, 2015. – 144 с.
8. Муромцев Н.М. Мелиоративная гидрофизика почв. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 272 с.
9. Реут И.Б. Физика почв. М.: изд-во «Колос», 1972. – 368 с.
10. Лихацевич А.П., Стельмах Е.А. Оценка факторов формирующих неустойчивую влагообеспеченность почв сельскохозяйственных культур в гумидной зоне. – Мн.: ООО «Белпринт», 2002. – 212 с.
11. Yatsukhno V.M., Davydik E.E. Assessing soils vulnerability to droughts and the ways of achieving land degradation neutrality (an experience of Belarus). IGU Conference “Practical Geography and XXI Century challenges”. Conference Book, part 2, Moscow, 2018. – pp. 59-61.
12. Червань А.Н., Мельник В.И., Яцухно В.М. Оценка и внутрирегиональные различия уязвимости почв сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья к засухам в условиях потепления климата // Доклады НАН Беларуси, том. 66, № 4. – 2022. – С. 444-453.