

В.М. Яцухно<sup>1</sup>, доцент, канд.с.-х. наук; А.Н. Червань<sup>2</sup>, доцент, канд.с.-х. наук  
<sup>1</sup>Белорусский государственный университет, г. Минск; <sup>2</sup>БелНИИПиА, г. Минск

## ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПОЧВ БЕЛАРУСИ КАК ИНДИКАТОР СТЕПЕНИ ИХ УЯЗВИМОСТИ К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ

Глобальные и региональные изменения климата представляют серьезную угрозу, прежде всего, для наиболее погодозависимого сектора экономики Беларуси – сельского хозяйства. Это отражается на продовольственной безопасности страны, не в последнюю очередь из-за негативного влияния климатических изменений, на почвы как ключевого компонента агроэкосистем. Повышение температуры, особенно в вегетативный период, нарушение характера распределения количества осадков оказывают существенное влияние на влагообеспеченность, содержание органического вещества, биологические и химические процессы, проходящие в почвах, а также негативно отражается на состоянии и продуктивности естественных и культурных растений.

Значительный экономический ущерб сельскохозяйственному производству в Беларуси наносят все чаще проявляющиеся и охватывающие значительные территории засухи – природное явление, связанное с наличием дефицита влаги. Последний обуславливается проявлением атмосферной засухи, которая усиливает транспирацию растений и иссушают почву, что приводит к возникновению почвенной засухи. Таким образом, засухи имеют атмосферно-почвенную природу [1], при проявлении которых почвы наиболее подвержены климатообусловленным рискам, минимизация которых должна рассматриваться как важнейшая цель адаптации аграрного сектора к изменяющемуся климату. В этом контексте является актуальной и практически востребованной задача по разработке типизации почв и почвенного покрова Беларуси по их степени уязвимости, т.е. склонности или предрасположенности к неблагоприятному воздействию климатических изменений, как информационного процесса принятия решений о возможных подходах и путях к их адаптации.

При этом следует иметь в виду, что на уязвимость почв оказывают влияние не только их внутренние свойства, особенности и структурный состав, но имеют существенное значение внешние социально-экономические и экологические факторы, которые во многом определяют способность почв противостоять изменяющимся климатическим условиям [2].

Несмотря на то, что территория Республики Беларусь расположена в зоне достаточного увлажнения, проблема засух и засушливых явлений, ведущих к снижению урожайности основных сельскохозяйственных культур, а в ряде случаев к деградации земель и негативному изменению ландшафтов, является своевременной и весьма актуальной. За последние десятилетия вероятность возникновения засух и их продолжительность увеличились как за счет глобального изменения (потепления) климата, так и за счет антропогенного воздействия на природную среду (мелиорация земель, нарушение естественного растительного покрова, водоотведение, урбанизация и др.).

Наиболее интенсивные и обширные засухи в Беларуси за последние примерно сорок пять лет наблюдались в 1969, 1969, 1971, 1972, 1975, 1979, 1981, 1986, 1990, 1992, 1994, 1995, 1996, 1999, 2002, 2004, 2006, 2009, 2010, 2012, 2014, 2015, 2016 гг..

Для оценки засушливых явлений в республике используются различные количественные критерии, учитывающие такие параметры, как – максимальная температура воздуха, количество осадков, влажность воздуха, почвы и др. Наиболее распространенными и широко вошедшим в практику показателем является гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК). Месяц, двухмесячный или вегетационный период в Беларуси (лесной зоне) считается засушливым, если для него  $ГТК \leq 0,7$ . По этому критерию были рассчитаны повторяемость лет с засушливыми явлениями ( $ГТК \leq 0,7$ ) в течение месяца или периода в целом по пунктам и областям республики. В настоящее время эти данные изданы в агроклиматических и климатических справочниках. Для полноты картины засушливых явлений используются

и такие характеристики засух как бездождные периоды в Беларуси (периоды, когда в течение не менее 10 дней подряд суточные суммы осадков не превышали 1 мм).

Следует признать, что при характеристиках и оценке засух основное влияние уделяется как атмосферному явлению, отличающемуся фоновым проявлением. 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 и интенсивности хозяйственной деятельности.

В качестве ключевых характеристик, определяющих степень уязвимости почв к климатическим изменениям, в особенности к засухам и засушливым явлениям, использованы показатели запасов почвенной влаги, ибо «... влагосодержание 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» [3]. Наблюдаемое и прогнозируемое потепление климата вызовет 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.

Для количественной характеристики влажности почвы, которая дает представление о почвенной разновидности как носителе информации о влагообеспечивающей способности и уязвимости ее к засухе, использованы результаты натуральных специализированных наблюдений и измерений влажности почвы на различной глубине. Исследования были проведены республиканской гидрометеорологической службой на 84 участках с почвами различного генезиса в течение 28 лет и составляло более 500 тыс. определений проб влажности. Это дало возможность с количественной определенностью типизировать характеристики увлажнения почв и определять их гидрологические особенности и режимы. Подробно анализ и обобщение данного материала изложен в недавно опубликованной монографии профессора Т.А. Романовой [4].

В качестве операционных единиц увлажнения почв использованы две гидрологические почвенные константы: предельная полевая влажность (ППВ) и влажность разрыва капиллярной связи (ВРК).

*Под ППВ понимается наибольшее количество подвешенной влаги, т.е. влаги, которая может удержаться в почве без стекания вниз при отсутствии капиллярной связи с грунтовой водой.*

*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.*

Располагая данными полевой влажности и ППВ каждого 10-ти сантиметрового слоя до глубины 200 см для водобалансовых участков, на всех станциях устанавливалось среднее многолетнее число дней за год и за период апрель-октябрь, когда влажность почвы превышала ППВ, и когда была ниже ВРК, по слоям 0–20, 0–50 и 0–100 см. Оказалось, что самым информативным с точки зрения количественной оценки увлажнения 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 ПВ.

Таким образом, в качестве меры (оценки) увлажнения 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 превышает ППВ и меньше ВРК.* Использование вышеуказанных гидрологических показателей почв для оценки степени

их уязвимости к засухам и засушливым явлениям позволяет достоверно характеризовать водообеспечивающую способность каждой почвенной разновидности в среднемноголетнем измерении.

На первом этапе данные группировались только по степеням гидроморфизма почв без учета генетического типа и гранулометрического состава. По каждой группе подсчитывалось среднее арифметическое число случаев превышения ППВ в слое 0–20 см за год и за период апрель-октябрь. Одновременно отмечались случаи, когда влажность почвы составляла меньше 60% ППВ, то есть, была ниже ВРК. Это позволило установить различия, которые четко отражают генетическую природу увлажненности, т.е. степень гидроморфизма почв, несмотря на то, что в группировке участвовал весь спектр почв по гранулометрическому составу (таблица 1).

**Таблица 1 – Среднемноголетняя увлажненность почв разной степени гидроморфизма**

| Степень гидроморфизма почв                      | Число дней с содержанием общей влаги в слое 0–20 см >ППВ и <ВРК |                          |      |
|---|---|--------------------------|------|
|   | >ППВ за год   | за период апрель-октябрь |      |
|   |   | >ППВ                     | <ВРК |
| Автоморфные                                     | 10  | 5                        | 122  |
| Оглеенные внизу и оглеенные на контакте         | 30  |                          |      |
| Временно избыточно увлажняемые (слабоглееватые) | 60  | 32                       | 82   |
| Глееватые                                       | 100   | 72                       | 46   |
| Глеевые   | 230   | 118                      | 11   |

Как следует из данных таблицы 1 отмечены существенные различия средней многолетней увлажненности почв обнаруживаются как за год, так и за вегетационный период. Повышенные показатели, относящиеся к глеевым почвам, объяснимы тем, что в данной таблице в эту группу включены дерново-подзолисто-глеевые и дерновые глеевые почвы, последние с более высоким содержанием гумуса.

Показатели увлажненности почв за вегетационный период позволяют даже в обобщенном виде отметить некоторые особенности режима их влажности. Прежде всего, из числа автоморфных не выделяются почвы оглеенные внизу или на контакте с подстилающей породой, поскольку содержание влаги выше ППВ в пахотном слое этих почв имеет место, главным образом, зимой или ранней весной (не приходится на вегетационный период). В среднем многолетнем исчислении недостаток влаги в этих почвах резко преобладает над ее избытком. В слабоглееватых (временно избыточно увлажняемых) почвах содержание влаги ниже ВРК ощущается также чаще, чем ее избыток, из чего следует, что растения на таких почвах страдают не столько от избытка, сколько от недостатка влаги. В увлажненности глееватых почв отразился контрастный характер режима их влажности: ощутимый недостаток влаги вместе с доминированием избыточного увлажнения. Глеевые почвы в течение всего года и вегетационного периода испытывают преобладание избыточного увлажнения пахотного слоя.

Большой массив имеющихся данных дал возможность разделить почвы по степени влагообеспеченности, исходя из их гранулометрического состава, гидроморфизма и строения почвообразующих пород. При этом особое внимание было уделено такому показателю как ВРК и количеству дней в вегетационный период, в течение которых почва характеризуется ниже его величины. Из таблицы 2 следует, что наиболее уязвимыми к засухам и засушливым явлениям являются дерново-подзолистые автоморфные песчаные и рыхлосупесчаные почвы, подстилаемые песками, на которых количество дней с влажностью меньше влажности ВРК достигает за многолетний период 170 дней, а максимальное число дней – составляет 190 дней.

**Таблица 2 – Группы почв Беларуси по степени уязвимости к засухам и засушливым явлениям**

| Группы почв   |  | Число дней вегетативного периода (апрель-октябрь) с влажностью почвенного горизонта 0–20 см |      |  | Степень уязвимости почв                          |
|---|--|---|------|--|--|
|   |  | >ППВ  | <ВРК | максимальное количество дней с недостатком влаги |  |
| Дерново-подзолистые автоморфные и оглеенные внизу и на контакте | Песчаные и рыхлосупесчаные, подстилаемые песками | 10  | 170  | 190  | наиболее уязвимые                                |
|   | Песчаные и супесчаные, подстилаемые мореной      | 10  | 120  | 170  | сильно уязвимые                                  |
|   | Суглинистые моренные                             | 10  | 100  | 120  | средне уязвимые                                  |
|   | Суглинистые лессовидные                          | 10  | 100  | 130  | средне уязвимые                                  |
|   | Тяжелосуглинистые и глинистые                    | 20  | 80   | 90   | слабо уязвимые                                   |
| Дерново-подзолистые слабоглеватые                               | Песчаные и супесчаные, подстилаемые песками      | 20  | 120  | 140  | средне уязвимые                                  |
|   | Песчаные и супесчаные, подстилаемые мореной      | 30  | 90   | 110  | средне уязвимые                                  |
|   | Суглинистые моренные                             | 40  | 80   | 100  | средне уязвимые                                  |
|   | Группы почв                                      | Число дней вегетативного периода (апрель-октябрь) с влажностью почвенного горизонта 0–20 см |      | Степень уязвимости почв                          |  |
|   |  | >ППВ  | <ВРК |  | максимальное количество дней с недостатком влаги |
|   | Суглинистые лессовидные                          | 30  | 80   | 100  | средне уязвимые                                  |
| Тяжелосуглинистые и глинистые                                   | 40   | 50  | 80   | слабо уязвимые                                   |  |
| Дерновые глееватые и глеевые                                    | Песчаные и супесчаные, подстилаемые песками      | 20  | 90   | 100  | средне уязвимые                                  |
|   | Песчаные и супесчаные, подстилаемые мореной      | 30  | 90   | 80   | слабо уязвимые                                   |
|   | Суглинистые моренные                             | 80  | 30   | 40   | слабо уязвимые                                   |
|   | Суглинистые лессовидные                          | 90  | 20   | 40   | слабо уязвимые                                   |
|   | Тяжелосуглинистые и глинистые                    | 90  | 30   | 35   | слабо уязвимые                                   |
| Торфяно-болотные  | Торфяно-болотные неосушенные                     | 240   | 0    | 0  | слабо уязвимые                                   |
|   | Торфяно-болотные осушенные                       | 110   | 10   | 15   | слабо уязвимые                                   |
| Аллювиальные (пойменные)  | Аллювиальные почвы высокой и гривистой поймы     | 90  | 10   | 15   | слабо уязвимые                                   |
|   | Аллювиальные почвы средней и притеррасной поймы  | 220   | 5    | 10   | слабо уязвимые                                   |

Примечание: ППВ – полная полевая влажность; ВРК – влажность разрыва капиллярной связи.

Достаточно распространенными почвами являются сильно и среднеуязвимыми. К ним относятся, прежде всего, почвы более связного гранулометрического состава, имеющие более короткий период иссушения, составляющий от 90 до 120 дней вегетационный период. Наконец, слабоуязвимые почвы приурочены к периодически или постоянно переувлажненным их вариантам, занимающие, как правило, отрицательные формы рельефа с близкими к поверхности уровнями грунтовых вод, и находящаяся, как правило, под естественной растительностью. Разработанная нами матрица позволяет более наглядно и оперативно определять степень уязвимости весь спектр почв республики к проявлению засух и засушливых явлений. При чем ее содержание с успехом можно использовать для группировки почв как на национальном, так и на региональном, субрегиональном и локальном уровнях организации почвенного покрова.

В рамках выполненного исследования были определены площади разной степени уязвимости почв к засухам, выраженные в %, занимаемые в настоящее время (1989–2011 гг.) в существующих и прогнозных агроклиматических зонах (2015–2030 гг., 2041–2060 гг.). Для этого были использованы карты агроклиматических зон с указанием сумм температур выше 10°C, разработанные кандидатом географических наук Мельником В.И. Полученные результаты свидетельствуют о постепенном увеличении доли наиболее уязвимых и сильноуязвимых почв в агроклиматических зонах с повышенными суммами температур свыше 10°C. Это касается агроклиматических зон с диапазоном сумм температур более 28900–3000 и более 3000°C. Расширение площадей таких почв будет происходить за счет, главным образом, перехода сильноуязвимых почв в категории наиболее уязвимых и среднеуязвимых – в сильноуязвимую. Эта тенденция затронет в первую очередь южные и частично центральные регионы Беларуси, которые характеризуются наличием в них значительной доли легких минеральных и осушенных почв. При этом будет отмечаться повсеместное уменьшение доли почв всех степеней уязвимости в агроклиматических зонах с суммой температур 2200–2400 и 2400–2600°C.

Кроме того, нами впервые была составлена с использованием ГИС-технологий общенациональная карта уязвимости групп почв Республики Беларусь к засухам и засушливым явлениям. Как следует из ее содержания, отмечены существенные территориальные различия в размещении и концентрации почв разной степени уязвимости к проявлению засух и засушливых явлений, что обусловлено пространственной рассредоточенностью различных по генезу, гранулометрическому составу и гидроморфизма почв. Кроме того, на их свойства существенную роль оказал длительное влияние хозяйственной деятельности. Последнее привело к изменению влагообеспеченности почв, прежде всего под влиянием гидротехнической мелиорации земель, сведение лесов и распашки земель, развитию деградации почв в результате интенсификации аграрного землепользования. Все это отразилось на изменении влагозапасов почв, что на фоне повышения температур воздуха, роста испарения способствовало увеличению уязвимости почв к засухам и засушливым явлениям. Изменения водного режима почв под влиянием мелиоративных приемов земледелия, по вполне понятным причинам, относятся к категории наиболее существенных, поскольку они целенаправленно изменяют увлажненность почв и прямо или косвенно влияют на тип водного режима.

Относительно высокая концентрация разной степени уязвимости почв к засухам и засушливым явлениям приурочена к южным регионам республики, и прежде всего, Полесском региона. Это объясняется не только преобладанием здесь легких по гранулометрическому составу почв, наличием высокой доли здесь песчаных и рыхлосупесчаных почв, но также широким распространением осушенных минеральных (1,2 млн. га) и торфяных (0,7 млн. га) почв. Интенсивное использование привело к глубокой трансформации и формированию на их месте органоминеральных почв, что в совокупности с учащением и ростом интенсивности засух привело к усилению уязвимости к данному климатическому явлению региона в целом.

В связи с расширением и интенсификацией засух и засушливых явлений на территории Беларуси, назрела необходимость их мониторинга и пространственного распределения с помощью спутниковых систем, с применением методов дистанционного зондирования и диагностики. Наряду с применением прямых полевых исследований определения влагозапасов почв назрела необходимость научного обоснования и создания системы расчетных прикладных моделей применительно к почвенным и климатическим условиям Беларуси, позволяющим в оперативном режиме определить и спрогнозировать влияние климатических факторов на состояние почв и продуктивности культивируемых на них сельскохозяйственных культур.

Кроме того, к числу первоочередных мероприятий следует отнести:

– Совершенствование нормативно-правовой базы в области устойчивого землепользования. Для чего в развитие положений Кодекса Республики Беларусь о земле целесообразны разработка и принятие Закона Республики Беларусь «Об охране земель/почв» ввести нормы обеспечения и регулирования политики и мер по адаптации к изменяющемуся климату с учетом структурных и функциональных особенностей почв и почвенного покрова.

– Разработка нормативов технологических регламентов в земледелии и растениеводстве, направленных на реализацию принципов и мер по их адаптации и условиям изменяющегося климата должна учитывать различия почвенно-климатических условий и степень уязвимости почв к засухам, засушливым и другим климатическим явлениям.

– Произвести углубленную количественную оценку климатических факторов при разработке бонитировки почв и кадастровой оценки земель республики.

– Разработать общереспубликанскую методику эколого-экономической оценки почв как объекта экосистемных услуг и использование ее результатов при страховании от неблагоприятных климатических явлений.

– При крупномасштабном почвенном картографировании и землеустроительном проектировании особое внимание уделить выявлению наиболее уязвимых почв к засухам и засушливым явлениям, а также определения сельскохозяйственных земель, нуждающихся в орошении агрофитоценозов.

– Для успешного выполнения обязательств Республики Беларусь в рамках выполнения Рамочной конвенции ООН по изменению климата, Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием/деградацией земель необходима активизация научно-методического обеспечения и расширения экспериментального изучения и инвентаризации стока и эмиссии парниковых газов, в частности CO<sub>2</sub>, агроэкосистемами, включая почвами, с целью определения вклада в их общий баланс и влияние на климат.

– Совершенствование автоматизированной оперативной системы оценки засух, включая их влияние на почвы, с возможностью более объективной оценки величин снижения продуктивности сельскохозяйственных культур.

#### *Список использованных источников*

1 Хлебников Е.И., Павлова Т.В., Сперанская Н.А. Засухи // Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. – Москва, 2011. – С. 126–164.

2 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. – P. 151–163.

3 Логинов В.Ф., Волчек А.А. Водный баланс речных водосборов Беларуси. – Минск: «Тонник», 2006. – 106 с.

4 Романова Т.А. Водный режим почв Беларуси. – Минск: УП «ИВЦ Минфина», 2015. – 144 с.

5 Яцухно В.М. О месте и роли почв в осуществлении Республики Беларусь международных природоохранных конвенций. Воспроизводство плодородия почв и их охрана в условиях современного земледелия, 2015. – С. 340–343.