

Комментарий Настоящая разработка Проблемной лаборатории и Кафедры сельскохозяйственных мелиораций направлена на выполнения постановление Правительства РФ от 14 мая 2021 года N 731, была доложена на «Круглом столе - Гидромелиорация земель и водное хозяйство», 15 сентября 2022 .и посвящена созданию универсальных инструментов обоснования необходимости и эффективности экосистемной мелиорации неиспользуемых земель. Дополнительные материалы приведены в презентации к этому докладу.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ «БАЗ ДАННЫХ ЛАНДШАФТНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ» ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВВОДА НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Дубенок Николай Николаевич, д.с.-х.н., академик РАН, заведующий кафедрой сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» e-mail: ndubenok@rgau-msha.ru

Солошенко Александр Дмитриевич, научный сотрудник Проблемной научно-исследовательской лаборатории ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» e-mail: alesol@rgau-msha.ru

Шабанов Виталий Владимирович, д.т.н., профессор, научный руководитель Проблемной научно-исследовательской лаборатории ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» e-mail: 515vvsh@gmail.com

Аннотация: в статье рассмотрена структура серии баз данных «Подекадных продуктивностей зерновых культур на почвах различных механических составов по агрогидрологическим районам областей Российской Федерации», описано содержание и методика расчетов полученных значений. Показаны возможные направления использования данных.

Ключевые слова: ландшафтная продуктивность, катена, продуктивные влагозапасы, продуктивность растений, водный фактор, оценка необходимости мелиорации, агрогидрологические районы и их характеристики, оптимальное распределение культур.

Введение. В соответствии с Государственной программой эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации к 2030 г. [1] планируется ввод в оборот 13 млн. га исключенных из производства сельхозугодий, 5 млн га из которых восстанавливаются за счет культуртехнических мероприятий с

господдержкой, а 4,5 млн земель включают мероприятия по повышению плодородия за счет известкования. Намечается значимое обновление фонда мелиоративного водохозяйственного комплекса, а также увеличение площади вновь мелиорированных земель, что должно положительно сказаться на развитии мелиоративного сектора экономики и будет способствовать эффективному использованию земель сельскохозяйственного назначения [3].

Для целей определения эффективности ввода в эксплуатацию неиспользуемых мелиоративных земель была создана серия баз данных «Подекадных продуктивностей зерновых культур на почвах различных механических составов по агрогидрологическим районам областей Российской Федерации» [2].

Базы содержат следующие структурированные данные: многолетние запасы продуктивной влаги (мм) в почве на конец декады под яровыми зерновыми культурами (далее – влагозапасы) средние по агрогидрологическим районам¹; влагозапасы в % от полной продуктивной влагоемкости²; влагозапасы для лет 25% и 75% обеспеченностей; влагозапасы в % от полной продуктивной влагоемкости для лет 25% и 75% обеспеченностей; продуктивность яровых зерновых культур на почвах глинистых и суглинистых механических составов; продуктивность яровых зерновых культур на почвах глинистых и суглинистых механических составов для лет 25% и 75% обеспеченностей; среднемноголетнюю продуктивность яровых зерновых культур по агрогидрологическим районам; среднемноголетнюю продуктивность яровых зерновых культур по агрогидрологическим районам для лет 25% и 75% обеспеченностей.

¹ Исходные данные генерируются на основании материалов справочника «Средние многолетние запасы продуктивной влаги под озимыми и ранними яровыми зерновыми культурами по областям, краям, республикам и экономическим районам»

² Полная продуктивная влагоемкость ($W_{ПВ}^*$) это максимально возможное содержание в единице объема почвы продуктивной влаги. Определяется как разность значений полной влагоемкости и влажности завядания ($W_{ПВ}^* = W_{ПВ} - W_{ВЗ}$).

Базы данных предназначены для оценки эффективности размещения сельскохозяйственных культур на различных территориях, целесообразности проведения мелиоративных мероприятий различной направленности (орошение и осушение) в течение периода вегетации, эффективности инвестиций в сельскохозяйственную деятельность на данных землях. База данных позволяет хранить следующие структурированные данные: многолетние запасы продуктивной влаги в почве на конец декады под яровыми зерновыми культурами, влагозапасы в % от полной продуктивной влагоемкости, продуктивность яровых зерновых культур на почвах глинистых и суглинистых механических составов и др.

База данных представляет интерес для специалистов сельского хозяйства, научных сотрудников, предприятий АПК, а также банков и страховых компаний.

Структура баз данных

Столбец 1 «Элемент рельефа (АГР)» Указаны аббревиатуры названий агрогидрологических районов, тип водного питания и фация.

ОБВ - Тип *обводнения* присущ болотным, полуболотным, глеевым подзолистым, серым лесным почвам и буроземам глеевым различного механического состава, преимущественно легкого. Грунтовые воды почти всегда присутствуют на той или иной глубине в корнеобитаемом слое почвы и влияние капиллярной каймы на увлажнение метрового слоя велико. (Грунтовый тип водного питания) [5];

МКУ - Тип *максимального капиллярного увлажнения* характеризуется почти непрерывным в течение года влиянием капиллярной каймы на увлажнение нижнего полуметрового слоя дерново-глеевых, сильно подзолистых почв и подзолов, аллювиальных лесных и серых лесных оглеенных почв. (Грунтовый тип водного питания) [5];

ПКУ - Тип *периодического капиллярного увлажнения* формируется на дерново – карбонатно – выщелоченных, дерново – палево – подзолистых, аллювиально-луговых, дерново-средне - и слабоподзолистых почвах

различного механического состава, но преимущественно легкого, подстилаемого глинами и суглинками. Термин «периодическое увлажнение» означает, что влияние грунтовых вод на запасы влаги корнеобитаемого слоя почвы наблюдается в отдельные периоды, например, весной, ранним летом или осенью. (Грунтово-склоновый тип водного питания) [5];

ВИУ - Тип *временно-избыточного увлажнения* характерен для дерновосредне- и слабоподзолистых, серых лесных, аллювиальных и др. почв различного механического состава. Избыток влаги наблюдается в результате временного ее накопления на слабо дренированных почвах или на участках, расположенных в низинах с сезонным переувлажнением. В отдельные годы возможно влияние грунтовых вод на корнеобитаемый слой, так как в среднем многолетнем периоде грунтовые воды залегают здесь на глубине более 3 м. Нередко, при наличии водоупорного слоя в виде плиточной глины или цементированного песка, наблюдается образование верховодки. (При нулевом уклоне - атмосферный тип водного питания, иначе - склоновый) [5];

КППВ - Тип *увлажнения капиллярно-подвешенной и капиллярно-подперто-подвешенной влагой* формируется на серых лесных почвах, черноземах оподзоленных и выщелоченных, подстилаемых лёссовидными глинами и суглинками в районах Волыно-Подольской, Среднерусской, Предуральской возвышенностей, а также на горных серо-коричневых, черноземах выщелоченных, горно-лесных перегнойно-карбонатных и др. ;

Обильное питание атмосферными осадками в сочетании с высокой порозностью корнеобитаемого слоя и подстилающих пород создают условия для образования капиллярно-подвешенной влаги. (Склоновый тип водного питания) [5];

ПВП - Тип *полного весеннего промачивания* формируется на серых лесных почвах, черноземах выщелоченных и др., на лёссовидных суглинках с проникновением талых вод на глубину более 2-3 м. (Атмосферный тип водного питания) [5];

УВП - Тип *умеренного весеннего промачивания* характерен только для почв с непромывным водным режимом при весеннем промачивании до глубины 1,5-2,0 м. К ним относятся тяжелосуглинистые черноземы и другие почвы полузасушливой зоны, подстилаемые лёссовидными суглинками. (Атмосферный тип водного питания) [5];

СВП - Тип формируется в условиях непромывного водного режима почв при неглубоком их промачивании весной (глубина промачивания не более 1,0-1,2 м, а в отдельные годы не более 70 см). (Атмосферный тип водного питания) [5];

ОСВП - Тип *очень слабого весеннего промачивания* характерен для черноземов типичных, обыкновенных, карбонатных и южных, средне- и тяжелосуглинистого механического состава на лёссовидных суглинках и глинах. Атмосферный тип водного питания [5].

Таблица 1

Соответствие агрогидрологических районов ландшафтным элементам [5]

ОБВ	Грунтовый тип водного питания, нижний элемент ландшафта. Пойменные или супераквальные фации.
МКУ	Грунтовый тип водного питания, нижний элемент ландшафта. Пойменные или супераквальные фации.
ПКУ	Грунтово-склоновый тип водного питания, нижний элемент ландшафта. Супераквальные фации.
ВИУ	При нулевом уклоне - атмосферный тип водного питания, иначе - склоновый, средние элементы ландшафта. Трансаккумулятивные фации.
КППВ	При нулевом уклоне - атмосферный тип водного питания, иначе - склоновый, средние элементы ландшафта. Трансаккумулятивные или трансэлювиальные фации.
ПВП	При нулевом уклоне - атмосферный тип водного питания, иначе - склоновый, средние элементы ландшафта. Трансаккумулятивные или трансэлювиальные фации.
УВП	Атмосферный тип водного питания, верхние элементы ландшафта. Элювиальные или аккумулятивно-элювиальные фации.
СВП	Атмосферный тип водного питания. верхние элементы ландшафта. Элювиальные или аккумулятивно-элювиальные фации.
ОСВП	Атмосферный тип водного питания. верхние элементы ландшафта. Элювиальные или аккумулятивно-элювиальные фации.

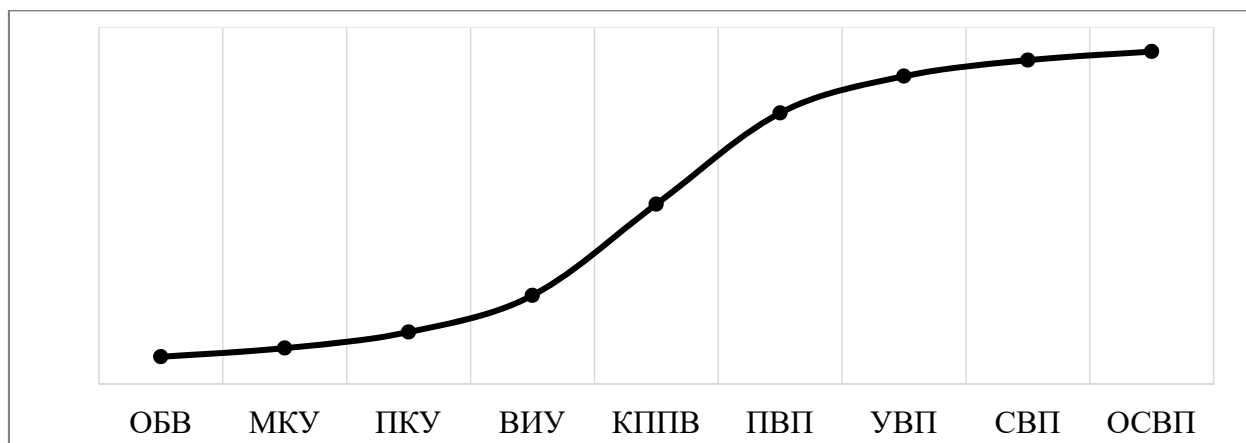


Рисунок 1 Схема расположения агрогидрологических районов по катене [5]

Столбец 2...4 Указано время в декадах и по месяцам. В столбцах 2...3 используется подекадная временная шкала.

Столбец 5 «Влагозапасы, мм (W) в слое 0...100 см» Указаны значения содержания многолетних запасов продуктивной влаги (мм) в почве на конец декады под культурой, средние по агрогидрологическим районам;

Столбец 6 «Влагозапасы в долях от ПВ (W/ПВ) в слое 0-100 см» Указаны значения содержания продуктивной влаги в почве в долях от полной продуктивной влагоемкости ($W_{ПВ}^*$). Принято, что $W_{ПВ}^* = 316$ мм. Полная продуктивная влагоемкость – это максимально возможное содержание в единице объема почвы запасов продуктивной влаги. Рассчитывается по формуле:

$$W_{ПВ}^* = W_{ПВ} - W_{ВЗ}$$

где: $W_{ПВ}$ – полная влагоемкость, $W_{ВЗ}$ – влажность завядания.

Значения влагозапасов в долях рассчитываются по формуле:

$$W_{i\%} = W_i / W_{ПВ}^*$$

где: W_i - значение продуктивной влаги в почве на текущую декаду; $W_{ПВ}^*$ - полная продуктивная влагоемкость.

Столбец 7 «W оптимальная (в долях от ПВ)» Указана оптимальная влажность для культуры в долях от Полной продуктивной влагоемкости

Столбец 8 «Продуктивность (S)*» Указана продуктивность в долях от единицы.

Продуктивность рассчитана по формуле В.В. Шабанова:

$$S = \left(\frac{W_i}{W_{\text{опт}}} \right)^{\gamma W_{\text{опт}}} \cdot \left(\frac{1 - W_i}{1 - W_{\text{опт}}} \right)^{\gamma(1 - W_{\text{опт}})} \quad (1)$$

где: W_i – значение продуктивной влаги в почве (в % от $W_{\text{ПВ}}^*$ ³); $W_{\text{опт}}$ – оптимальное значение продуктивной влаги для данной культуры (в % от ПВ); γ – коэффициент саморегулирования растения (уровень адаптации к внешним условиям) постоянный для каждой фазы развития и, характеризующий форму кривой на графике зависимости $S=f(W)$ [4].

Таблица 2

Параметры формулы (1)

№ фазы i	α	γ	$W_{\text{опт}}$
1	0,15	5,1	0,55
2	0,15	5,5	0,48
3	0,2	5,6	0,54
4	0,35	5,9	0,43
5	0,15	5,3	0,61

где № фазы: 1 - посев – всходы - кущение; 2 - кущение-выход в трубку; 3 - выход в трубку-колошение; 4 – колошение - налив зерна; 5 - налив зерна - восковая спелость; α - вес фазы в общей продуктивности (по Ю.К. Никольскому, В.В. Шабанову).

Столбец 9 «Среднеголетняя продуктивность по АГР» Указана среднеголетняя продуктивность культуры по агрогидрологическому району (в долях от 1)

Среднеголетняя продуктивность рассчитана по формуле:

$$\bar{S}_{\text{АГР}} = \sum (S_i^{\text{АГР}} \cdot \alpha) \quad (2)$$

где: $S_i^{\text{АГР}}$ – декадная продуктивность культуры в рассматриваемом агрогидрологическом районе; α – коэффициент веса фазы в общей продуктивности культуры для декады.

³ $W_{\text{ПВ}}^*$ - полная продуктивная влагоемкость. Определяется как разность значений полной влагоемкости и влажности завядания ($W_{\text{ПВ}}^* = W_{\text{ПВ}} - W_{\text{ВЗ}}$). В работе принято, что $W_{\text{ПВ}}^* = 316$ мм. слой 0-100 см.

Столбец 10 «W 25%» и 11 «W 75%» Указаны значения содержания продуктивной влаги в почве в годы 25% (влажный год) и 75% (сухой год) обеспеченности (в мм);

Столбец 12 «W 25% (%)» и 13 «W 75% (%)» Указаны значения содержания продуктивной влаги в почве в годы 25% и 75% обеспеченности в процентах от полной продуктивной влагоемкости. Данные значения рассчитываются так же, как и в столбце 6, исходные данные - столбцы 10 и 11;

Столбец 14 «S 25%» и 15 «S 75%» указаны значения продуктивности в годы 25% и 75% обеспеченности (в долях от 1). Рассчитывается аналогичным образом со столбцом 5, но для соответствующих обеспеченностей;

Столбец 16 «25% Среднеголетняя продуктивность по АГР» и 17 «75% Среднеголетняя продуктивность по АГР» указаны значения среднеголетней продуктивности по агрогидрологическим районам в годы 25% и 75% обеспеченности (в долях от 1) за период вегетации культуры. Рассчитывается аналогичным образом со столбцом 6.

Заключение. Представленный подход к визуализации относительной продуктивности обладает большим потенциалом при планировании размещения культур и водномелиоративных мероприятий по территории, такие базы дают представление о состоянии посева в разных временных и пространственных диапазонах. Картирование продуктивности позволяет определять места на катене, где размещение культуры будет наиболее выгодно.

Представленные методики по оценке изменения продуктивности при изменении климата и для лет различной обеспеченности позволяют оценить потенциальную необходимость проведения мелиоративных мероприятий и могут быть использованы при проектировании мелиоративных систем при расчете их обеспеченности. Для агрогидрологических районов Московской области (например, ВИУ - Тип Временно-избыточного увлажнения) наиболее критичными являются засушливые годы, снижение продуктивности в год P75% обеспеченности может составить 23% по отношению к среднему году.

Базы данных изменения продуктивности яровой пшеницы показывают необходимость понижения влажности корнеобитаемого слоя (осушение) в начале периода вегетации для нижних элементов рельефа, с переходом на орошение к концу периода вегетации для поддержания относительной продуктивности культуры на высоком уровне. Они свидетельствуют о возможности возделывания яровой пшеницы на всех, из рассмотренных элементов рельефа с достижением наивысшей продуктивности, но при проведении необходимых гидромелиоративных мероприятий в течение всего периода вегетации культуры. Зоны наивысшей продуктивности в нерегулируемых условиях перемещаются от засушливых территорий в сторону увлажненных, от нижних элементов рельефа к верхним. Что свидетельствует о необходимости проведения мелиоративных мероприятий, в разной степени, во всех рассмотренных в работе агрогидрологических районах (территориях, дифференцированных по типам увлажнения и водного питания) для достижения наивысших урожаев. Предложенная методика позволяет оценить направленность мелиораций.

Приведенные в базах данные свидетельствуют о необходимости точного мелиоративного регулирования.

Таким образом, разработана методика и инструмент обоснования мезомасштабной необходимости проведения мелиорации на землях неиспользуемых мелиоративных систем, расположенных на разных элементах ландшафтной катены.

Библиографический список

1. О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации. Постановление Правительства Российской Федерации от 14 мая 2021 г. № 731. Москва
2. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021620353 Российская Федерация. Подекадная продуктивность озимых зерновых культур на почвах глинистого и суглинистого механических составов

по агрогидрологическим районам Саратовской области : № 2021620248 : заявл. 20.02.2021 : опубл. 01.03.2021 / Н. Н. Дубенок, А. Д. Солошенко, В. В. Шабанов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева». – EDN IVQEJY.

3. Кирейчева, Л. В. Оценка экономической эффективности ввода в агропроизводство залежных земель нечерноземной зоны РФ / Л. В. Кирейчева, В. А. Шевченко, И. Ф. Юрченко // Московский экономический журнал. – 2021. – № 3. – DOI 10.24411/2413-046X-2021-10151. – EDN YFJWFI.

4. Шабанов, В. В. Оценка продуктивности сельскохозяйственных культур, расположенных на взаимосвязанных элементах ландшафта (катене) / В. В. Шабанов, А. Д. Солошенко // Природообустройство. – 2018. – № 2. – С. 80-86. – DOI 10.26897/1997-6011/2018-2-80-86. – EDN UPGGZL.

5. Шабанов В.В. Солошенко А.Д. Дифференциация типов увлажнения по катене для рационального размещения сельскохозяйственных культур и планирования мелиоративных воздействий // Природообустройство. 2016. №3. С. 104-109.