

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИСПАРЯЕМОСТИ С РИСОВЫХ ЧЕКОВ

Велиев Ильяс Гасанович, аспирант кафедры метеорологии и климатологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, lordsithsion@gmail.com

Кавалли Алессандро Брунович, аспирант кафедры метеорологии и климатологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, sacha.cavalli@gmail.com

***Аннотация:** Разработана методика среднесрочного прогнозирования испаряемости с рисовых чеков для оперативного управления водопользованием из Краснодарского водохранилища. Аппаратом для методики являются нейросетевые технологии, которые базируются на прогнозах метеослужбы температуры воздуха и скорости ветра.*

***Ключевые слова:** испаряемость, прогноз, нейронные сети, водохранилище.*

Испаряемость с водной поверхности является самым расходным элементов водных ресурсов при водо-обеспечении рисовых чеков [5]. Система чеков Нижней Кубани является самым мощным российским источником риса, её обеспечение водными ресурсами проводится за счет запасов Краснодарского водохранилища и составляет в период вегетации более 80% всей его плановой водоотдачи. При этом в современных условиях как плановая водоотдача в целом, так и расходы на орошение, заданы диспетчерскому пункту управления подекадно постоянными значениями [2]. Однако, основные метеорологические факторы, влияющие на испаряемость очень изменчивы как от года к году, так и по декадам в пределах одного вегетационного периода (Лурье). Более того в условиях формирования погодных условий Нижней Кубани наблюдается их существенная изменчивость и в пределах одной конкретной декады [3]. В современных условиях система всё чаще испытывает дефицит водных ресурсов [2] и имеется острая необходимость экономии воды, что предопределяет необходимость оперативного учёта прогноза основных метеорологических элементов, влияющих на испаряемость и самой испаряемости. Достаточно точного их прогноза на декадный период на территории Северного Кавказа добиться практически невозможно из-за быстрого прохождения атмосферных процессов, поэтому гораздо предпочтительней выглядит среднесрочный прогноз испаряемости на 5 суток, который позволит более гибко управлять запасами Краснодарского водохранилища и не допускать расходов воды на орошение системы в дождливые периоды или просто в периоды с малой испаряемостью, а сэкономленные запасы использовать для последующих периодов с большой испаряемостью с рисовых чеков. Таким образом, актуальность работы обусловлена необходимостью уточнения режима

водопользования Краснодарским водохранилищем и экономии водных ресурсов.

Соответственно, целью настоящей работы является разработка методики среднесрочного прогнозирования испаряемости в условиях Нижней Кубани на основе прогнозных величин метеорологических элементов, являющихся основными факторами интенсивности испаряемости. Поставленная цель обусловила необходимость решения следующих задач:

- обоснование выбора подхода для разработки методики среднесрочного прогноза испаряемости с водной поверхности рисовых чеков;
- составление алгоритма методики среднесрочного прогноза испаряемости с водной поверхности рисовых чеков;
- проверка предложенной методики по расчётам на основе данных наблюдений.

Как известно, измерения испарения с водной поверхности континентальных водных объектов, которое как правило ассоциируется с испаряемостью [3,4,5], производится с помощью специальных испарителей [3,5], преимущественно на водно-балансовых станциях. Таких станций в пределах границ России осталось совсем немного и их регламент в последние десятилетия был существенно сокращён. Однако, на основе комплекса наблюдений в рамках бывшего СССР с помощью испарителей ГГИ-3000 и стандартных испарительных бассейнов площадью 20 м², которые были признаны Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО) эталонными измерительными средствами испарения с водной поверхности, были достаточно убедительно установлены некоторые эмпирические зависимости. В частности, согласно последующим нормативным документам [4] была рекомендована наиболее подходящая формула для оценки испарения (Е, мм) с поверхности водных объектов, использующая наблюдения метеостанций, которая имеет следующий вид:

$$E = 0,14 \times n \times (e_0 - e_{200}) \times (1 + 0,72u_{200}), \text{ где,} \quad (1)$$

e_0 – среднее значение максимальной упругости водяного пара, вычисленное по температуре поверхности воды, мб;

e_{200} – средняя упругость водяного пара над водоемом на высоте 2 м;

n – число дней в расчетном периоде;

u_{200} – средняя скорость ветра над водоемом на высоте 2 м.

В настоящей работе результаты пятисуточные (пентадные) значения испаряемости E были рассчитаны на основании данных метеостанции г. Краснодара. Полученные по формуле (1) значения, принимались за истинные («наблюдённые») значения испарения с водной поверхности (испаряемости), так как сколько-нибудь длительных рядов корректных измерений по испарителям не имелось.

При анализе полученных результатов было отмечено, что на расчётное значение испарения с водной поверхности в большей степени влияют вводимые

в формулу (1) значения температуры воздуха и скорости ветра, а влажность воздуха, зависящая в свою очередь также от температуры воздуха, имеет меньшее влияние.

Из выдаваемых краткосрочных прогнозов погоды региональными субъектами Росгидромета можно получать прогнозные значения температуры, скорости ветра и количества осадков с пятисуточной (пентадной) заблаговременностью. Таким образом, в целом, на основе традиционных прогнозных метеорологических характеристик, выдаваемых Росгидрометом, имеется достаточно объективная предпосылка для разработки методики краткосрочного прогноза испаряемости на будущую пентаду. Практически, для его определения можно получить прогнозную зависимость от значений температуры воздуха и скорости ветра при условии отсутствия осадков, когда такой прогноз наиболее важен, поскольку именно при таком условии образуются глубокие и продолжительные дефициты воды для рисовых систем. Аналитические уравнения для определения испаряемости от выше перечисленных прогнозных характеристик погоды на сегодняшний день отсутствуют, даже в каком-либо эмпирическом виде. Однако, в последнее десятилетие для таких прогнозов в водном хозяйстве широкое распространение получило использование нейросетевых технологий [1], соответственно в представляемом исследовании использовалась модель нейронных сетей для прогнозного определения пентадной величины испарения с водной поверхности (испаряемости).

На рис. 1 представлены использованные для моделирования (обучение 258 и тестирование 58) пентадные значения температуры воздуха и скорости ветра, наблюдаённые в течение вегетационных периодов риса в разные годы.

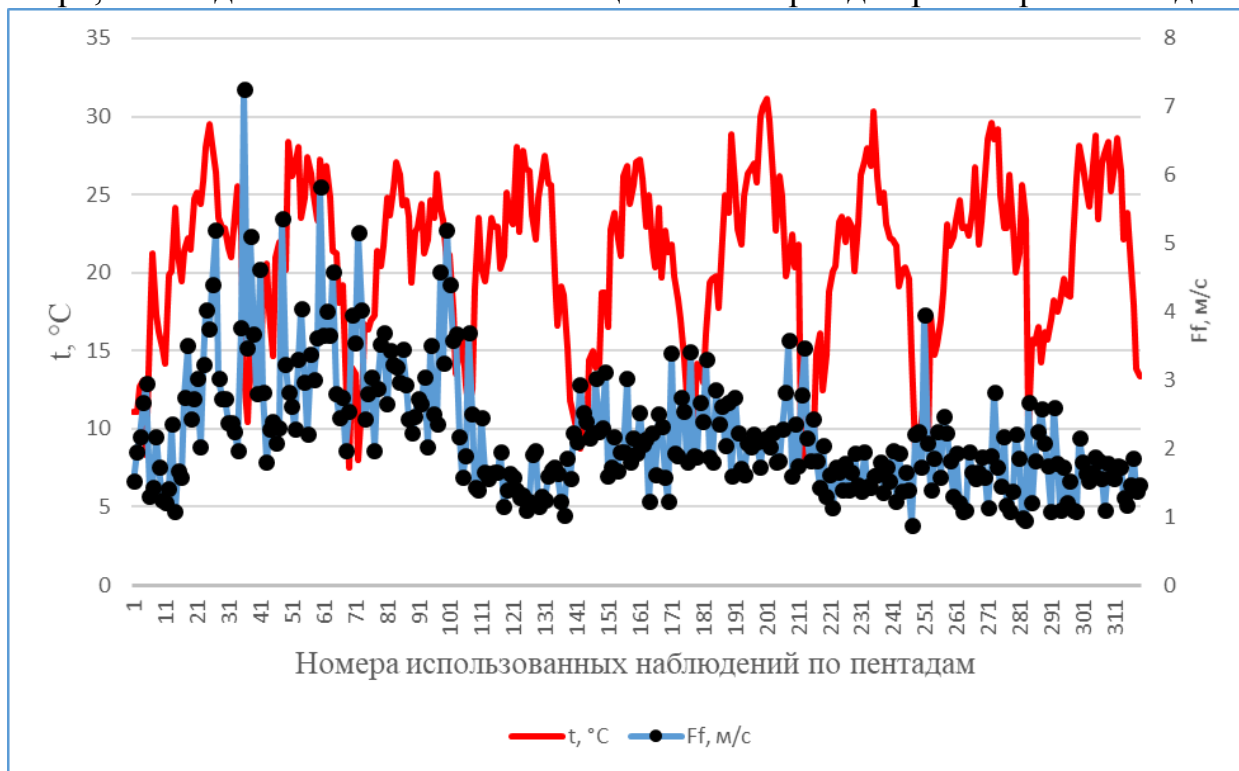


Рис. 1. Значения температуры воздуха и скорости ветра по пентадным данным, использованных для моделирования

Разработанная регрессионная модель представляет собой полносвязную искусственную нейронную сеть (ИНС) с двумя скрытыми слоями. Функцией активации, призванной устранить линейность при обучении, была выбрана «Relu». Оптимизатором выступал «RMSProp» (Root Mean Square Propagation), метрикой контроля ошибок «mae» (средняя абсолютная ошибка) [1]. Обучение производилось в 500 эпох, мини-выборка – 1 наблюдение (1 пентада). Данный подход помог избежать переобучения, которое получалось несмотря на регуляризацию при использовании традиционных методов.

На основании приведённых графиков сначала была получена необходимая нормализованная характеристика представленных величин для обучающейся модели в соответствии с используемой технологией. Нормализация необходима, так как большинство градиентных методов (на которых основаны почти все алгоритмы машинного обучения) сильно чувствительны к шкалированию данных [1].

Затем после завершения обучения модели, проводилось тестирование на контрольном наборе данных, результаты которого приведены на рис.2.

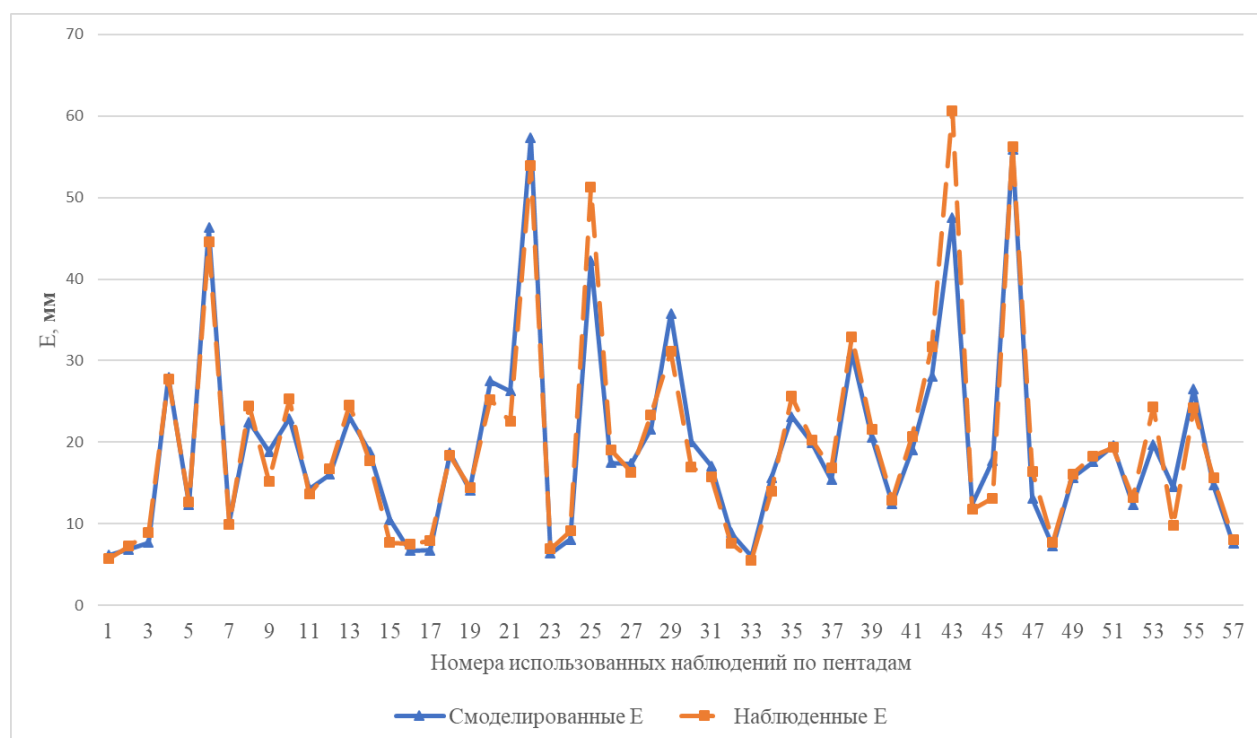


Рис. 2. Смоделированные и наблюдённые значения испаряемости с водной поверхности рисовых чеков.

На рисунке 2 мы видим, что самое значительное различие между смоделированными и наблюдёнными величинами зафиксировано в 44-ой тестовой пентаде, где оно достигает 13 мм, но такая ошибка составляет только 21% от истинной наблюдённой величины, принятой за истинную. В одном случае ошибка достигает 48% (55-ая пентада), а в 2-х - 37% и 35% соответственно (16-ая и 46-ая пентады), однако во всех этих случаях различие меньше 5 мм. Все остальные ошибки не – менее 20%, а средняя по модулю 10%. Здесь уместно вспомнить, что измерение испарения с водной поверхности

даже с помощью эталонных испарителей обладают ошибками, которые приблизительно в среднем оцениваются в 10%, а прогнозное значение скорости ветра в пределах градации 4 – 7 м/с считается оправдавшимся. Вместе с тем, следует особо заметить, что различия испаряемости в смежных пентадах одноимённого года очень часто превышают 20 мм. Если умножить такую величину на площадь рисовых чеков Нижней Кубани, то мы имеем возможность сохранить значимые запасы в Краснодарском водохранилище при учёте прогноза испаряемости даже в пределах одной пентады.

Выводы. Разработанная методика краткосрочного прогноза испаряемости с водной поверхности рисовых чеков даёт в большинстве случаев несущественные ошибки и может быть рекомендована для прогнозирования испаряемости на основе среднесрочных прогнозов температуры воздуха и скорости ветра, регулярно выдаваемых региональными субъектами Росгидромета. В свою очередь, такие прогнозы могут существенно и оперативно уточнять степень использования водных ресурсов Краснодарского водохранилища. Соответственно, предложенный подход к получению прогностической зависимости испаряемости с водной поверхности от основных метеорологических факторов может быть использован на региональном уровне для других хозяйств.

Библиографический список

1. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / пер. с англ. А.А. Склинкина. - 2-е изд., испр. - М.: ДМК Пресс, 2018. - 652 с.
2. Ильинич В.В., Светлов Е.А. Стохастическое моделирование функционирования ирригационного водохранилища. // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010, №6 – С. 25-27.
3. Лурье П. М., Панов В. Д., Ткаченко Ю. Ю. Река Кубань: гидрография и режим стока. - Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 2005. - 498 с.
4. Методика расчёта водохозяйственных балансов водных объектов. Приказ МПР России от 30 ноября 2007 г. N 314. М.-52 с.
5. Попов В. А., Островский Н. В. Агроклиматология и гидравлика рисовых экосистем. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – 189 с.

УДК: 633.18.03

СОВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МЕЖФАЗНЫХ ПЕРИОДОВ РАЗВИТИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ГУМИДНОГО КЛИМАТА

Мурычева Елена Дмитриевна, аспирант кафедры метеорологии и климатологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, letmur1214@mail.ru

Аннотация: В статье приведены, рассчитанные изменения межфазных периодов развития овса за последнее 10-летие. Показано, что в отдельные годы происходит существенное сокращение длительности фенофазы овса