

### Библиографический список

1. Хворова Л.А., Гавриловская Н.В. и др. Применение математических методов и моделей для обработки и анализа многомерных данных // МАК-2005 : материалы восьмой региональной конференции по математике. – Барнаул, 2005.
2. Хворова Л.А., Гавриловская Н.В., Лопатин Н.Н. Применение информационных технологий, математических методов и моделей для обработки и анализа многомерных данных // Известия Алтайского гос. ун-та. – 2006. – №1.
3. Гавриловская Н.В., Хворова Л.А. Информационно-прогностическая система сбора, обработки, анализа и обобщения агрометеорологической информации // Известия Алтайского гос. ун-та. – 2010. – № 1-1.

**УДК 519.8, 631.432.4**

### Разработка регрессионной модели эвапотранспирации в условиях засушливых степей Западной Сибири Алтайского края

*А.С. Маничева<sup>1</sup>, Е.В. Понькина<sup>1</sup>, А.А. Бондарович<sup>1</sup>,  
А.С. Мацюра<sup>1</sup>, В.В. Щербинин<sup>1</sup>, Г. Шмидт<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>АлтГУ, г. Барнаул;

<sup>2</sup>Университет Мартина Лютера Галле-Виттенберг, Германия

Эвапотранспирация представляет собой суммарное испарение влаги из почвы и с поверхности растительности и позволяет оценить влагообеспеченность земель сельскохозяйственного назначения. В рамках проекта «Кулунда» было произведено исследование эвапотранспирации на территории засушливых степей. Полигон наблюдений расположен на Кулундинской равнине – в с. Полумяки Михайловского района Алтайского края. Для Кулундинской равнины характерен засушливый климат и недостаточное увлажнение в течение вегетационного периода. Распределение осадков, как по территории, так и по сезонам является достаточно неравномерным. Для исследуемой территории характерны темно-каштановые супесчаные почвы [1]. Метеорологические данные для исследования были получены в ходе эксперимента, описанного в [2].

Методы моделирования эвапотранспирации можно разделить на три группы: методы непосредственных полевых измерений; расчетные

методы; методы, основанные на эмпирических зависимостях [3]. Первая группа включает довольно трудоемкие методы прямого измерения суммарного испарения влаги. Во второй группе наиболее известны метод водного баланса и метод теплового баланса. Эмпирические методы третьей группы основаны на установлении зависимостей различного вида между испарением и одним или несколькими метеорологическими показателями; сюда входят модель Пенмана-Монтейна и модели на основе методов регрессионного анализа [4-8].

Целью работы является нахождение с помощью модели скользящей регрессии такого временного периода (количества дней), при котором достигается наименьшая погрешность прогноза значений эвапотранспирации.

Для расчета использовались почасовые данные с 1 по 31 июля 2015 г. (количество наблюдений  $T = 744$ ). В качестве независимых переменных модели рассматривались следующие метеорологические факторы: скорость ветра (м/с), температура воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), относительная влажность воздуха (%), атмосферное давление (Па), солнечная радиация ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ); факторы, позволяющие учесть изменчивость процесса в течение суток (время суток); в качестве зависимой переменной выступала суммарная эвапотранспирация ( $\text{мм}/\text{м}^2$ ).

Была выполнена спецификация модели скользящей регрессии с временным «окном» 20 дней. Идентификация параметров модели выполняется на каждый 20-ый дневной период методом максимального правдоподобия. Одной из задач являлась оценка степени упреждения прогнозных оценок при приемлемой точности прогноза (погрешность не более 10%). Результаты вычислений показали, что наименьшее расхождение прогнозных значений эвапотранспирации с фактическими наблюдениями при использовании фактических климатических факторов является минимальным. График кумулятивной эвапотранспирации (нарастающим итогом) при 20-ти дневной базе построения модели приведен на рисунке. Здесь через  $\text{Eta\_Fact}$  обозначена кумулятивная эвапотранспирация, оцененная по фактическим данным, через  $\text{Eta\_Predict}$  – по расчетным данным.

Предложенный подход прогноза эвапотранспирации может быть использован при ограничении возможности доступа к данным наземных наблюдений, интерполяции отсутствующих значений ряда наземных наблюдений.

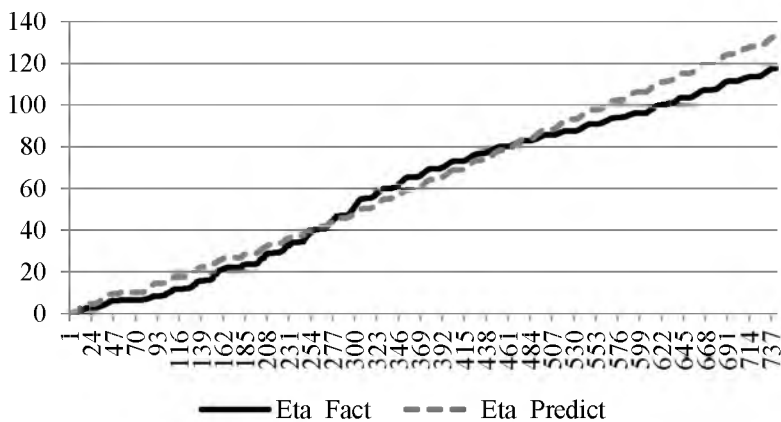


Рисунок – График кумулятивной эвапотранспирации

### Библиографический список

1. Майсснер Р., Бондарович А.А., Щербинин В.В., Понькина Е.В., Мащора А.В., Пузанов А.В., Рупп Х., Шмидт Г., Штефан Э., Иллигер П., Фрюауф М., Харламова Н.Ф., Галахов В.П., Балькин Д.Н., Рудев Н.В. Методика расчета водного баланса для сухой степи юга Западной Сибири по данным международной мониторинговой сети // *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnitkiy Melitopol State Pedagogical University*. – 2016. – Vol. 6, №2. – P. 223–238.
2. Беляев В.И., Бондарович А.А., Понькина Е.В., Щербинин В.В., Шмидт Г., Мащора А.В., Кожанов Н.А., Рудев Н.В. Температурный режим воздуха и почвы по данным метеорологической и почвенно-гидрологической мониторинговой сети в Кулундинской равнине за вегетационные периоды 2013-2016 гг. // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2017. – №3 (149). – С. 30–37.
3. Черемисинов А.А., Черемисинов А.Ю. Обзор расчетных методов определения суммарного испарения орошаемых сельскохозяйственных полей // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. – 2016. – №1 (21). – С. 113–133.
4. Manikumari N., Vinodhini G. Regression Models for Predicting Reference Evapotranspiration // *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*. 2016. – Vol. 38, № 3. – P. 134-139.
5. AlJumaili K.K., Al-Khafaji M.S., Al-Awadi A.T. Assessment of Evapotranspiration Estimation Models for Irrigation Projects in Karbala,

Iraq // Eng. & Tech. Journal. – 2014. – Vol.32, Part (A), №5. – P. 1149–1157.

6. Sriram A. V., Rashmi C. N. Estimation of Potential Evapotranspiration by Multiple Linear Regression Method // IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE). – 2014. – Vol. 11, №2. – P. 65–70.

7. Honarbakhsh A., Dashtpajardi M.M., Vagharfard H. Application of Soft Computing Methods in Predicting Evapotranspiration // Open Journal of Geology. – 2013. – Vol. 3. – P. 397–403.

8. Helder J. F. da Silva, Marconio S. dos Santos, Jório B. Cabral Junior, Maria H. C. Spyrides. Modeling of reference evapotranspiration by multiple linear regression // Journal of Hyperspectral Remote Sensing. – 2016. – Vol.6, №1. – P. 44–58.

## УДК 519.8

### Модельное исследование фотоадаптационных свойств фитопланктона

*С.Я. Пак, А.И. Абакумов*

*Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН,  
г. Владивосток*

Механизм фотоадаптации фитопланктона состоит в его способности поглощать такое количество световой энергии, которая достаточна для начала ферментативной реакции, но не избыточна, ибо в этом случае включается процесс фотоингибирования, то есть угнетения фотосинтеза. Общая поглотительная способность растительной поверхности определяется двумя основными структурными характеристиками: 1) площадью эффективного сечения поглощения отдельной фотосинтетической единицы; 2) числом фотосинтетических единиц (фотоединиц). В данном случае будем считать, что фотосинтетический аппарат некоторого фитопланктонного вида стремится к унификации структурных единиц, поэтому все они имеют примерно одинаковую площадь эффективного сечения поглощения. Кроме того, предположим, что фотосистема II входит в состав всех фотоединиц, и, следовательно, их число равно числу реакционных центров (РЦ).

В работах [1] и [2] упоминается о так называемых  $N$  и  $\sigma$ -стратегиях увеличения суммарной площади поглощения. При этом  $\sigma$ -стратегия состоит в увеличении эффективного сечения поглощения отдельно взятой фотоединицы, а  $N$ -стратегия – в росте количества наличествующих фотоединиц. Примечательно, что  $\sigma$ -стратегия преоб-