

на стадии проектирования оптимизировать растениеводство в районах с напряженным ветровым режимом. Разработанные модели дают возможность оперативно оценить почвенно-климатический потенциал территории, определить ассортимент наиболее продуктивных в данных условиях культур и сформировать севообороты с высокими почвозащитными свойствами, встроенные в общую схему агролесомелиоративных мероприятий на землях, подверженных дефляции.

Литература

1. Глобальные проявления изменений климата в агропромышленной сфере / Под ред. академика РАСХН А. Л. Иванова. М., 2004. 332 с.
2. Ландшафтное земледелие. Часть 2. Методические рекомендации по разработке ландшафтных систем земледелия в многоукладном сельском хозяйстве / Под общ. ред. академиков РАСХН Каштанова А. М., Щербакова А. П. Курск, 1993. 54 с.
3. Информационно-справочные системы / Под ред. И. И. Васенева и Г. Н. Черкасова. Курск, 2002. 118 с.
4. Волошенкова Т. В. Компьютерное моделирование для оптимизации ассортимента выращиваемых сельскохозяйственных культур с учетом изменения климатических параметров // Материалы Всероссийской конференции (с международным участием) «Математические модели и информационные технологии в сельскохозяйственной биологии: итоги и перспективы». 14–15 октября 2010 г., Санкт-Петербург. СПб.: АФИ, 2010. С. 191–195.
5. Долгилович М. И., Васильев Ю. И., Сажин А. Н. и др. Методические указания по размещению ползащитных лесных полос в районах активной ветровой эрозии. М., ВНИАЛМИ, 1984. 54 с.

ВОДНЫЙ СТРЕСС РАСТЕНИЙ, ИНДЕКС ВОДНОГО СТРЕССА

А. В. Доброхотов

Агрофизический НИИ Россельхозакадемии, Санкт-Петербург

Водный стресс наблюдается в тех случаях, когда растениям недостаточно влаги для восстановления потери при транспирации. Кратковременный водный стресс приводит к потере влаги растением и, как следствие, к увяданию. Длительный стресс приводит к приостановке роста и, в конечном счете, к гибели растения.

Использование температуры поверхности для определения водного стресса растений основывается на предположении, что вода становится лимитирующим фактором при развитии растения, транспирация сокращается и температура растения повышается. Температура растений измеряется в нескольких вариантах, по крайней мере, полтора века. Ранние работы игнорируют метеорологические факторы и концентрируются (из-за ограниченности оборудования) на измерении температуры отдельных листьев. В течение первой половины прошлого века велась полемика о том, возможно ли ситуация, при которой температура растений может быть ниже, чем окружающая температура воздуха. С развитием инфракрасных радиометров появилась возможность измерять температуру нескольких растений [1].

В начале 80-х годов маленькие портативные инфракрасные термометры стали необходимыми инструментами для измерения температуры почвы и рас-

тений. С помощью инфракрасных термометров можно быстро и качественно измерить водный стресс растений. В работе Идсо с соавторами (1981) представлен эмпирический метод для количественного определения стресса сельскохозяйственных культур (линии, при которых растение не испытывает или испытывает водный стресс). Данные линии представляют собой нижний предел температуры, который растение могло бы достичь, если бы развивалось при потенциальных условиях без водного стресса. Верхний предел температуры – тот, при котором транспирация не происходит при наличии водного стресса. Индекс водного стресса растений *CWSI* (Crop Water Stress Index) рассчитывается по разнице между измеренной температурой растений и температурой воздуха и нижним пределом температуры, поделенными на разницу между верхним и нижним пределами. Данному эмпирическому подходу уделялось значительное внимание из-за его простоты и необходимости измерения температуры растительности, воздуха и дефицита насыщения водяного пара. В последующие годы некоторые недостатки метода стали очевидны. Критика основывалась на том, что он не учитывает потоки излучения и скорость ветра и что оценка верхнего предела является довольно неоднозначной. Было отмечено, что нижний предел, при котором растение не испытывает водный стресс в течение прохладного периода, отличается от полученного в теплые периоды [1].

Вскоре после эмпирического подхода Идсо с соавторами (1981) Джексон и соавторы (1981) представили теоретический метод расчета *CWSI*. Теория требует оценки радиационного баланса и аэродинамического сопротивления в дополнение к температуре и парциальному давлению водяного пара – параметрам, измерения которых требует эмпирический метод. Хотя теоретический подход показывает, как могут быть оценены верхний и нижний пределы, дополнительные измерения радиационного баланса, аэродинамического сопротивления, сопротивление растительного покрова и, возможно, некоторые уравнения, которые кажутся сложными, помешали проведению полевых испытаний данного метода.

На рис. 2 показаны потоки, которые оцениваются в теоретическом подходе Джексона. Это солнечная радиация, противоизлучение атмосферы, транспирация (в данном случае речь идет о транспирации, потому что индекс *CWSI* справедлив только для растительного покрова), излучение почв, отражение солнечной радиации растительностью, отражение солнечной радиации почвой, отражение противоизлучения атмосферы растительностью, отражение растительность длинноволнового излучения почвы. При этом необходимо учитывать температуру воздуха, температуру растительного покрова, относительную влажность воздуха, радиационный баланс, скорость ветра, характеристики растительного покрова (сомкнутость, альbedo, высоту и т.д.), характеристики почвы.

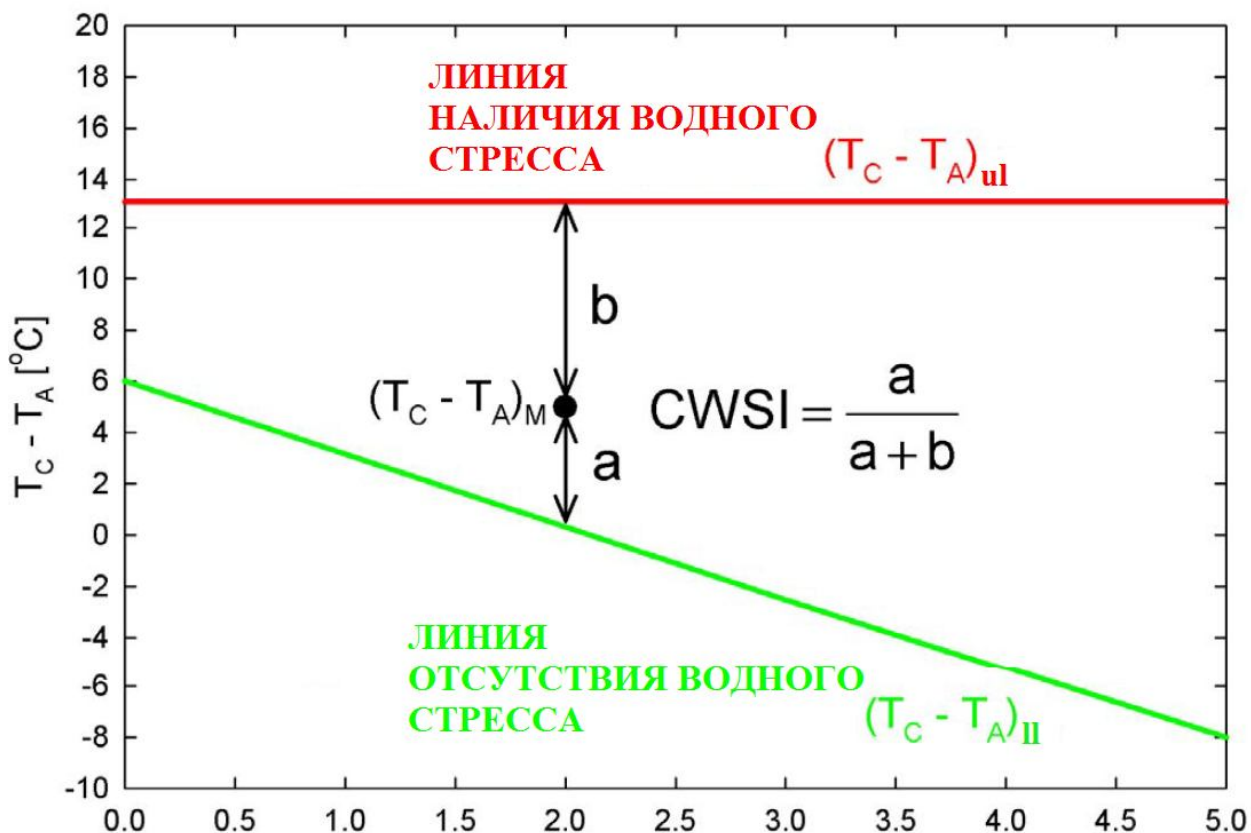


Рис. 1. Линии наличия и отсутствия водного стресса при определении $CWSI$ по Идсо [2], где T_c – температура растительной поверхности; T_a – температура воздуха; $(T_c - T_a)_m$ – измеренная реальная разность температур; $(T_c - T_a)_{ll}$ – нижний предел, обозначает разницу между температурами, когда транспирация не ограничивается наличием воды; $(T_c - T_a)_{ul}$ – верхний предел, обозначает разницу между температурами, когда испарение равно нулю; a, b – эмпирические коэффициенты.

Через испарение индекс водного стресса $CWSI$ находится как отношение реальной эвапотранспирации к потенциальной, отнятое от единицы. Отношение реальной эвапотранспирации к потенциальной является отношением испарения к испаряемости и является аналогом радиационного индекса сухости М. И. Будыко, который выступает репрезентативным геофизическим индикатором физико-географических зон и подзон. Индекс $CWSI$ показывает, насколько почва недонасыщена влагой и насколько реальная эвапотранспирация отличается от потенциальной. Таким образом, при нахождении количественной характеристики потенциальной эвапотранспирации, можно количественно определить реальную эвапотранспирацию, а значит и их разность, которая будет показывать, сколько подстилающая поверхность должна получить воды, чтобы реальная эвапотранспирация стала равна потенциальной.

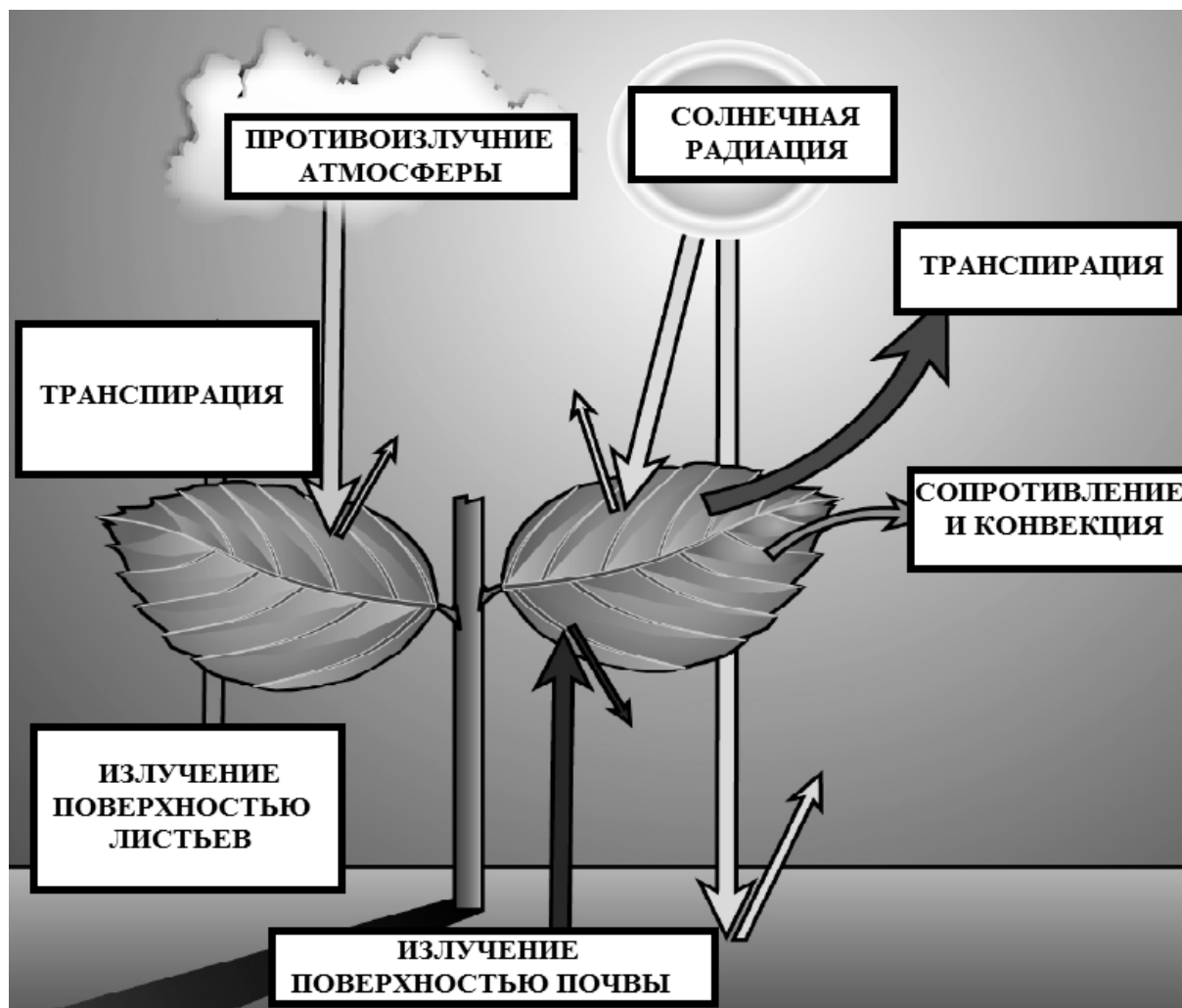


Рис. 2. Потoki, учитываемые в подходе Джексона [2].

Литература

1. Jackson, D. Canopy Temperature And Crop Water Stress // Advances in Irrigation. Vol. 1. D. I. Hillel, Editor. Academic Press, 1982. Pp: 43–85.
2. <http://www.apogeeinstruments.com/content/CWSI.pdf>

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГО- И МАССООБМЕНА НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПОЛЕ

А. Е. Ефимов, Ю. Р. Ситдикова

Агрофизический НИИ Россельхозакадемии, Санкт-Петербург

Энерго- и массообмен деятельной поверхности является основным фактором, определяющим микроклиматические особенности орошаемого сельскохозяйственного поля. При мониторинге микроклимата сельскохозяйственного поля используется уравнение теплового баланса. Наиболее значимой для сельского хозяйства составляющей теплового баланса является скрытый поток тепла (суммарное испарение). Суммарное испарение - это комплексный и информационный агрометеорологический показатель. Данная величина реагирует как