



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

**А.Т. Напрасников,
В.Т. Дмитриева**

Физико-географический процесс в методологии познания географии, гидрологии и рационального природопользования

В статье проанализирован физико-географический процесс с позиций его применимости в методологии познания гидрологических и экологических аспектов географии. На основе соотношения тепла и влаги раскрыта его роль в единении соответствующих балансов. Выявлены пространственно-временные критерии зависимости испаряемости (водного эквивалента радиационного баланса) и водопотребления культурных растений от средних месячных температур воздуха метеорологических станций Байкальского региона. Установлены их количественные параметры. Осуществлен краткий обзор эволюции природы и хозяйства с древних времен до наших дней. Предложен континуальный путь формирования природно-мелиоративных систем.

Ключевые слова: геосистема; физико-географический процесс; мелиоративное природопользование; взаимосвязь элементов водного и теплоэнергетического балансов.

Достижения, проблемы и задачи современной географии

Общие подходы к анализу географического процесса. Во все исторические времена деятельность человечества наиболее ярко выражена в аграрном природопользовании. Многие другие виды человеческой деятельности появились позже. Осуществлять поиск в них признаков физико-географического процесса не представляется возможным. В большинстве случаев приходится подтверждать его наличие в признаках исторического аграрного природопользования, которое существовало во все времена.

Впервые географо-гидрологический метод предложил в 1933 году В.Г. Глушков [5]. Он отмечал, что в гидрологии данный метод устанавливает связи вод с географическим ландшафтом, включая климат, геологию, геоморфологию, почвы и растительность. Основное назначение метода — изучать

воды как элемент географического ландшафта. Этот подход был реализован видным отечественным географом А.А. Григорьевым [6] при обосновании интенсивности физико-географического процесса.

В настоящее время мы располагаем представлением о физико-географическом процессе в трактовке А.А. Григорьева [6]. Исследователи этого направления считают сущность данного процесса более масштабным. Прежде всего, климатическое представление о процессе совершенно верное, как об оптимально-эквивалентном равенстве тепла и влаги. В действительности же оно несет общегеографическую сущность, объединяет и оптимизирует не только структуры водного и теплового балансов, но и все сферы географической оболочки, в том числе, и антропогенную.

Знания о процессе накапливались опытным путем в исследованиях природно-хозяйственных систем и их модификаций во временных срезах. Этапы формирования указанных систем характеризуются периодами времени и их продолжительностью. Поэтому географические знания и сами географические объекты отзываются на антропогенные изменения, меняющийся климат, социально-исторические переустройства своего времени и, соответственно, преобразуются.

Здесь следует помнить и реализовывать основное положение географии, обеспечивающее раскрытие сотворчества природы и человека. Так, географический закон континуальности, отражающий как бы подъем по ступеням к последующему совершенствованию природных систем, остается при этом фундаментом для будущего развития. На этом синтезе, едином каркасе прошлого, настоящего и будущего сформировались современные теоретические основы географии. Вместе с этим расширилось понятие «географический», которое включает не только масштабные пространственные и временные изменения всех природных объектов земной поверхности, но и их функционирование.

Огромным вкладом в географию явилось учение о геосистемах академика В.Б. Сочавы, как многоликого объекта географической оболочки, включающего естественные, общественные и природно-технические системы. Концепция геосистем объединяет, но не разделяет объекты земной поверхности. Все географические явления, в какой бы форме они ни выступали, принадлежат планете Земля, и именно этим определяются их основные признаки [24]. На данных положениях построен анализ эволюции природных и природно-технических систем. Особенно отметим значимость характерного времени любого ландшафта и природно-хозяйственной системы. Оно, как и пространство, разное для множества геосистем и за свое историческое время формирует собственные природные объекты.

Многие географы в развитии природных процессов главенствующее значение придают теплу и влаге. Это, безусловно, верно, но не стоит забывать и о других существенных процессах окружающей среды (химических, биологических, общеландшафтных и пр.) и человеческой деятельности, «кующих» совместно естественные и технические системы. Никакая географическая

система не может мыслиться без энергетического начала и необходимого условия физико-географического процесса — воды. Эти компоненты существеннее биоты или, по крайней мере, равноценны ей [24]. Любая форма человеческой деятельности значительно изменяет теплоэнергетику ландшафта, за этим следуют изменения интенсивности физико-географических процессов (климатических, ландшафтных, почвенных, пространственных).

Переход к рыночным отношениям коренным образом трансформировал методологию познания географии, ускорил внедрение в ее структуры экологических и экономических факторов, подходов рационализации природопользования. Возникла необходимость в создании совершенных природно-технических объектов, отвечающих современным знаниям сотворчества природы и человека, максимально приближенных к экологии ландшафта и экономически выгодных человеческой деятельности.

Нагрнувшее глобальное потепление поставило перед географами решение прогнозных задач в пространственно-временной оценке трансформации ландшафтов планеты, их эволюции и в конечном итоге в решении продовольственной проблемы населения планеты. География России начала приближаться к зарубежной прагматической схеме. Вместе с тем она не только сохранила лидирующие положения в теоретическом совершенствовании, но и продолжает обосновывать ее прогнозную эволюцию.

В.С. Преображенский с соавторами [22] довольно подробно обосновали каркас физико-географического процесса — стратегию естественно-исторических исследований и социофункционального анализа ландшафтов. В ряде последующих работ автор подвел итоги географическим исследованиям конца XX века отечественных и зарубежных ученых, определил значимость основных достижений в области географии. В это же время немецкий географ Э. Нееф [20] обосновал свое видение теоретических основ ландшафтоведения.

Итоги географических достижений подвел Ю.Г. Пузаченко, указывая, что физическая география к 1990-м годам сформировала четкие феноменологические представления об иерархической организации территории, о статической связи компонентов ландшафта, о соотношениях характерного пространства и времени процессов [23]. Подтверждением данного тезиса явилась система современных достижений в области отечественной теоретической географии.

Таким образом, формы развития физико-географического процесса, как и геоэкологии (рационального природопользования), оказались двуедиными — универсальными и специализированными. Первые отразили единое теоретическое совершенствование природных процессов, взаимодействие природы и хозяйства на основах фундаментальных научных знаний, вторые — ее многогранную специализацию, представленную множеством видов и способов рациональной практической деятельности человека. Эта двуединая сущность географии приобрела научно обоснованную теорию управления составляющими географической оболочки, в особенности ландшафтом в целом, его влагой, теплом и структурой почвы в целях решения проблем оптимизации природопользования.

Физико-географический процесс в системе природопользования (исторический аспект)

Аксиома физико-географического процесса в развитии природы и общества. География в любой исторический момент была готова отвечать на внешние вызовы, а ее научный потенциал, успешно сформированный под воздействием предшествующей практической деятельности человечества, успешно реализовывался. Наука и практика географии всегда формировались на представлениях об интенсивности физико-географического процесса, т.е. оптимальном взаимодействии природы и человека. В настоящее время под этим можно понимать комфортность человека в условиях окружающей среды.

Об интенсивности физико-географического процесса в исторические времена сложно говорить. Представления о нем отсутствовали, но это не значит, что в человеческой деятельности он не участвовал. Даже при наших современных представлениях о нем мы знаем мало и не имеем четких научных и практических суждений. Единственное, на что мы можем опираться, это на постоянные признаки, которые всегда сопровождали географический процесс. Отражены они в исторической литературе об оптимальном соответствии тепла и влаги, при котором наши предки получали высокие урожаи, о росте населения и соответствующем расширении пахотных земель, обеспечивающих их нормальное благосостояние, о быстром восстановлении хозяйств, разрушенных войной, о ликвидации процессов засоления почв. Поэтому аксиомой физико-географического процесса может быть положение, что во все периоды эволюции природы и хозяйства он реализовывался. Население планеты всегда оптимизировало среду своего развития и в этой связи произвольно использовало наиболее рациональные формы физико-географического процесса — получение максимальной биологической продуктивности своих полей, развитие мелиоративного природопользования. Таким образом, движущей силой природы и общества был физико-географический процесс, или по иному — сотворчество человека и природы. На их основах решались многие проблемы природопользования и в том числе физико-географического процесса.

От первобытной «ирригации без земледелия» до плужной мелиорации. Направленное и целевое взаимодействие между природой и обществом началось в период перехода от присваивающих форм хозяйств к производящим, когда охота на диких животных сменилась их приручением, а сбор дикорастущих злаков — искусственным культивированием. Подобный процесс доместикации английский археолог Г. Чайлд [25] назвал неолитической революцией. Начальные формы природопользования были «ирригацией без земледелия», т. е. когда естественные заросли злаковых и других съедобных растений зерновых культур увлажнялись примитивными приемами горно-ручьевого орошения [1]. 12–13 тысяч лет назад на территории «Благодатного полумесяца», охватывающего дугой Синайский полуостров и бассейны рек Тигра и Евфрата, сформировалась богатая зеленая луговая степь. Вначале люди

собирали съедобные колосья, потом стали сеять зерна. Из имитации природного размножения растений (разбрасывание семян по необработанной почве), сформировалась интенсивная форма современного агромелиоративного природопользования. Это было первичное осознанное сотворчество человека с вмещающим его ландшафтом. Во все последующие времена и до железного века главным орудием примитивной ирригации была палка-землекопалка и мотыга.

Широкомасштабная интенсификация земледелия началась с замены мотыги плугом примерно 4500–2500 лет до н.э. В последующие века у скота появилась тяговая и выючная функция. Благодаря пахоте земель запряженными в плуг быками, изобретению колесных повозок и дойке рогатого скота оптимизация природопользования улучшила качество жизни населения. Кроме поливных земель начали использовать и богарные угодья, увлажняемые только весенними водами. Завершилась, таким образом, примитивная доземледельческая стадия орошения у водных источников. Земледелие оторвалось от водных источников, вышло на широкий географический простор, ознаменовалось развитием богарного агромелиоративного природопользования.

Экстенсивная оптимизация аграрного природопользования новой эры. Процесс оптимизации представляет собой формирование и объединение новых непротиворечивых природных и общественных структур. Это, в общем, эволюционный исторический процесс. Так, начало внедрения в практику земледелия расширения площадей пахотных земель способствовало увеличению объема сельскохозяйственной продукции, сформировало масштабные аграрно-природные структуры. Сложившись в 4–3 тысячелетиях до н.э. на Древнем Востоке в недрах первобытнообщинного строя, оседлые земледельцы с их развитой ирригацией сыграли важную роль в становлении древнейших классовых обществ и государств [1]. Изобретение плуга обеспечило освоение залежных земель и удаление земледелия от водных источников. Сельскохозяйственное природопользование в основном стало масштабно-экстенсивным, когда в целях повышения дополнительной продукции стали осваивать новые целинные земли. Все это основывалось на предшествующем опыте сельскохозяйственного производства. Но этого уже было недостаточно, передовым древним цивилизациям потребовались географические, агромелиоративные и гидротехнические знания. Они постепенно совершенствовались и накапливались.

Экстенсивное, богарное земледелие Средневековья. Географические открытия, благодаря успехам науки и техники, позволили осваивать новые территории, на которых можно было бы производить сельскохозяйственную продукцию. Началось интенсивное освоение Северной и Южной Америки, Африки, Азиатского материка. Существенно в больших масштабах, чем прежде, на открытых землях начали совершенствовать агромелиорацию, появилась необходимость в теоретическом обосновании рационального природопользования.

Зарождение интенсивно-промышленных форм природопользования. Для данной формы аграрного природопользования характерны минимальные экологические изменения естественных ландшафтов и почв. С зарождением капитализма у людей проявилось стремление к накоплению начального капитала, что стало важным этапом к переходу к более интенсивной форме всей хозяйственной деятельности и в том числе и к рациональному природопользованию. Экстенсивное природопользование превращалось в интенсивное. Так, появление гончарного дренажа относится к 1810-м годам. В 1846 году в Англии парламентским актом изобретение дренажной системы было признано национальным достоянием [9].

Индустриально-химический процесс земледелия XX века. Если рассматривать использование химических удобрений как стимулирующий и интенсифицирующий, в свою очередь, географический процесс, то в конце XX века антропогенное, преобладающее химическое аграрное природопользование, нанесло ему сокрушительный удар. Химизация — важнейший фактор интенсификации сельскохозяйственного производства. Увеличение продуктивности в 2–3 раза было достигнуто благодаря индустриализации сельского хозяйства. Однако в США в 1980-х гг. последствия чрезмерной химизации сельского хозяйства стали рассматриваться как катастрофические. Отравление химикатами ежегодно испытывают от 45 до 300 тысяч человек. Под воздействием новых технологий, технических приемов и методов, особенно в условиях орошения, обрабатываемые земли превращаются в особую питательную среду, биологическая жизнь которой отличается от естественной [26]. Понижение качества продуктивности полей и негативные экологические последствия явились следствием химизации, механизации, мелиорации, применения биотехнологий. В Европейском союзе, и особенно в Германии, в последние годы начали осуществлять комплекс мероприятий, направленных на переход от интенсивного сельского хозяйства к его выборочной экстенсификации, т. е. начал осуществляться поворот к естественному физико-географическому процессу. В целях нейтрализации негативных антропогенных процессов, отрицательно влияющих на развивающиеся формы хозяйств, была сформулирована концепция САРД (SARD concept — *Sustainable Agriculture and Rural Development*) — устойчивое развитие сельского хозяйства и сельских территорий. Ее фундаментом явилось «органическое» сельское хозяйство, которое избегает или исключает использование искусственных удобрений, пестицидов, регуляторов роста и химических кормовых добавок.

Итак, исторически физико-географический процесс совершенствовался с развитием культуры производительных сил, обеспечивал хозяйственную безопасность населения, накапливал опыт рационализации природопользования, формировал более совершенные природно-хозяйственные системы, создавал теоретические основы развития будущей географии.

Факторы, влияющие на физико-географический процесс в рациональном природопользовании

Главенствующие факторы, формирующие географический процесс. От древнего зарождения и до середины XIX века рациональное природопользование формировалось на традиционных приемах управления влагой, теплом и структурой почв, обеспечивающих максимальную продуктивность культурных растений. Единой мелиоративной концепции не было. Была лишь интуиция оптимальных соотношений между параметрами климата, почв и урожайностью возделываемых культур, которая и породила начальные знания о физико-географическом процессе. Его сущность сводится к утверждению, что оптимальная интенсивность процесса проявляется при эквивалентном равенстве космического тепла и планетарной влаги, при котором между структурами водного и теплового балансов естественно достигаются оптимальные соотношения, а биологическая продуктивность культурных растений является максимальной. Именно этот факт позволил теоретически определить «точку» отсчета норм орошения и осушения. На основе данной концепции М.И. Будыко [3] и В.С. Мезенцев [15–16] обосновали метод практического расчета влажности почв и определения их мелиоративных характеристик.

Критерий космического излучения, определяющий фазы увлажнения земной поверхности. Атмосферные осадки, превышающие водный эквивалент радиационного баланса, переувлажняют почвы. Водным эквивалентом радиационного баланса (E_0) является то количество воды, которое может испарить поступающее солнечное тепло. Определяется оно через удельную теплоту испарения (L), равную 600 кал, потраченную на испарение 1 см³ воды. Это равенство записывается в следующем виде:

$$E_0 = R / L = R / 0,06 \text{ мм.} \quad (1)$$

Планетарно-космический коэффициент увлажнения (β). Поступающие тепло и атмосферные осадки на ландшафтную поверхность физически взаимодействуют. Часть влаги испаряется, другая потребляется растениями, почвой и речным стоком. Соотношение атмосферных осадков (X) и испаряемости (E_0) отражает степень увлажнения приземной атмосферы и ландшафтной поверхности:

$$\beta = X / E_0. \quad (2)$$

Это универсальный и специализированный параметр, который используется в теоретических и практических обоснованиях. В аридных системах он меньше единицы, в гумидных — ее превышает.

Почвенно-гидрологическая константа увлажнения — наименьшая влагоемкость (НВ). Ее свойство состоит в том, чтобы удерживать максимальное количество почвенной влаги после ее длительного стекания. Универсальность НВ заключается в пограничном соотношении фаз почвенной влаги. Влага почв выше НВ формирует избыточное увлажнение, меньше НВ — почвы считаются сухими. В условиях влажности, равной НВ, обеспечивается

оптимальный режим увлажнения культурных растений, что и обеспечивает производство максимальной биологической продуктивности культурных растений. Общее выражение этих связей приведено в работах М.И. Будыко [3] и В.С. Мезенцева [16] и отражает взаимообусловленность атмосферного и почвенного увлажнения в следующих зависимостях:

$$V = r\sqrt{\beta} = r\sqrt{\frac{X}{E_0}}, \quad V = W_{в.п.} / W_{н.в.}, \quad (3)$$

где V — влажность почвы в долях наименьшей влагоемкости; r — параметр, равный для песчаных почв 1–1,5; супесчаных — 1,5–2, глинистых — 2–3; $W_{в.п.}$ — влажность почвы в мм; $W_{н.в.}$ — наименьшая влагоемкость почвы в мм. Уравнения (2) и (3) отражают фундаментальное свойство взаимосвязи приземного и почвенного увлажнения. Если увлажнение приземной атмосферы (2) и влажность почвы (3) приближаются к единице, к статистически-математическому ожиданию, то обеспечивается максимальная биологическая продуктивность культурных растений.

Биолого-климатический оптимум физико-географического процесса. Обычно данный процесс отражает статически осредненное значение множественных природных режимов оптимального уровня. На практике его значение приравнивают к единице, т. е. к эквивалентному равенству тепла и влаги. Однако в природе оно нарушается, так как является вероятностно-статистическим явлением. Подобный опыт отражают исследования А.С. Моторина и В.М. Калинина [17]. Рисунок 1 указывает на отклонения максимальной биологической продуктивности от оптимального соотношения тепла и влаги. На подобное явление указывали и Г.В. Белonenko с соавторами [2].

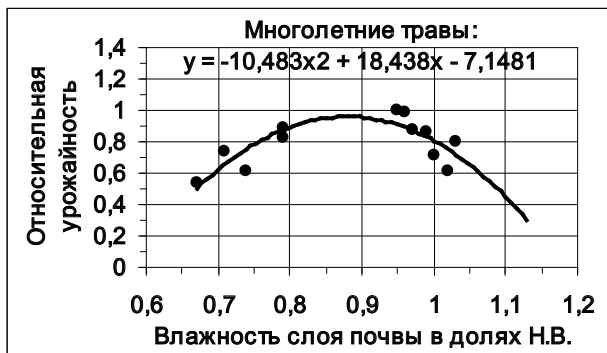


Рис. 1. Корреляция относительной урожайности многолетних трав в зависимости от влажности почв в долях наименьшей влагоемкости

Определение норм орошения и осушения. При анализе взаимодействия космического излучения и планетарного увлажнения равенство (2) можно записать в следующем виде:

$$X / E_0 = 1 \text{ или } E_0 - X = 0. \quad (4)$$

Это частный случай, отвечающий условиям оптимума физико-географического процесса, т. е. пограничный режим между влажными и сухими почвами. В мелиоративной практике он принимается за точку отсчета количественных значений норм орошения и осушения. Если осадков выпадает больше или меньше испаряемости, то в целях сохранения данного равенства следует добавить в почву или удалить из нее излишек влаги ($\pm \Delta X$), т. е. выполнить процесс осушения или орошения. В данном случае равенство (4) запишется в виде (5). Оно отражает управление физико-географическим процессом в природопользовании:

$$\Delta X = E_0 - X. \quad (5)$$

Физико-географический процесс во взаимосвязи водного и теплового балансов

Взаимосвязь водного и теплоэнергетического балансов. До начала XX века концепции водного и теплового балансов ландшафтной поверхности развивались обособленно, знания географии не обеспечивали их объединение. Лишь с появлением работ Э.М. Ольдекопа [21] была высказана мысль, что в структуры этих двух балансов следует вводить обобщающий показатель, формирующий совместно их структуры. В это же время наш отечественный географ А.А. Григорьев [6] обосновал концепцию оптимума физико-географического процесса, которая гласит, что его максимальная интенсивность достигается при эквивалентном равенстве тепла и влаги. Впоследствии М.И. Будыко [3] доказал, что таким критерием является испаряемость, — максимально возможное испарение с увлажненной поверхности, которое можно считать объединяющим началом водного и теплового балансов. При этих условиях биологическая продуктивность культурных растений оказывается самой большой. На основании данного положения В.С. Мезенцев [16] разработал метод гидролого-климатического расчета составляющих водного и теплового балансов и выразил его основное содержание уравнением (6):

$$E = E_0 [1 + \beta^{-n}]^{-1/n}, \quad (6)$$

где E — суммарное испарение с почвы; E_0 — испаряемость, представленная водным эквивалентом радиационного баланса из расчета, что на один грамм воды требуется испарить 600 кал.; β — коэффициент увлажнения, отражающий отношение осадков к испаряемости; n — энергетический индекс состояния окружающей среды, обеспечивающий взаимосвязь водного и теплового балансов.

Таким образом, взаимодействие балансов космического тепла и планетарной влаги определяют не только ресурсы климата, но и все теплоэнергетические ресурсы природных систем, их общее функционирование. Поэтому параметр n несет максимальную энергетическую функцию ландшафтов планеты, количественно выраженную испаряемостью (E_0).

Определение параметров гидролого-климатического процесса

Определение испаряемости за годовой период. Имеется много определенных испаряемости. М.И. Будыко, Л.И. Зубенок [4] считают, что она отражает максимальное испарение с увлажненной поверхности, когда нет ограничений в притоке влаги. Н.Н. Иванов [11] полагает, что она отражает испарение с водной поверхности. В.С. Мезенцев [15] приравнивает испаряемость к максимально возможному испарению и оценивает его как водный эквивалент радиационного баланса.

Обычно испаряемость (E_0) определяют через радиационный баланс, его годовую норму с вычетом отрицательного эффективного излучения холодного периода. В монографии Л.И. Зубенок [10] осуществлены сравнения точечных значений сумм температур выше $10\text{ }^\circ\text{C}$ с годовой испаряемостью, определенной комплексным методом (E_0 ком. м) и со значениями радиационного баланса увлажненной поверхности (E_0 ув. п). Нами для этих же многочисленных совокупностей точечных данных выявлены их тренды:

$$E_0 \text{ ув.п.} = 0,000012 \sum T^2 + 0,147 \sum T + 311, \quad (7)$$

$$E_0 \text{ ком.м.} = 0,00003 \sum T^2 + 0,107 \sum T + 260. \quad (8)$$

В.С. Мезенцев предложил вычислять испаряемость по формуле:

$$Z \text{ мез.} = 0,2 \sum T + 306. \quad (9)$$

Закономерности изменения испаряемости за внутригодовые периоды. Последующая задача сводилась к определению внутригодовой испаряемости, преобладающей по месяцам. Актуальность задачи заключалась в установлении равенства между испаряемостью за год по приведенным формулам и их сравнением с суммой за внутригодовые периоды, полученной иными методами. Подобными сравнениями оценивали достоверность выполненных расчетов и принятых методов расчета. При этом выявилось, что радиационный баланс и, соответственно, испаряемость за зимне-весенний период формируются с большими численными значениями при одних и тех же средних месячных температурах воздуха, чем в остальные времена года (см. рис. 2).

Эмпирическое определение испаряемости за внутригодовые периоды. В практике мелиоративного природопользования предложен ряд способов дробления годовых величин испаряемости в целях их принятия за внутригодовые периоды. И.В. Карнацевич решил эту проблему иначе, выразив зависимость максимальной испаряемости (Z Карн.) от суммы средних месячных температур воздуха выше $0\text{ }^\circ\text{C}$ (10) [12–13].

$$Z \text{ Карн.} = 7 \sum t \geq 0 + 160 \text{ (мм/год)}. \quad (10)$$

Уравнение (10) И.В. Карнацевича является методически верным только во внутригодовые периоды, когда прослеживается неоднозначное соответствие между температурами и испаряемостью.

Определение внутригодовой испаряемости за зимний период. Особую сложность составлял поиск положительных зимних значений радиационного

баланса за месячные интервалы в периоды так называемого «отрицательного баланса». Задача решалась следующим образом: информация испаряемости за летне-зимний период (VII–II месяцы) экстраполировалась на его нулевые значения, которые имеют место при температуре $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, когда преобладает конденсация паров воздуха, формируются холодные туманы и, видимо, полностью исключается процесс испарения. Общую схему приведенных доказательств иллюстрирует рисунок 2, на котором отражена достаточно надежная корреляция испаряемости со средними месячными температурами воздуха.



Рис. 2. Зависимость испаряемости от месячных температур воздуха по данным Байкальского региона

Таким образом, стало возможным устанавливать положительные затраты тепла на прогревание ландшафтной поверхности, определять испарение с нее в холодные времена года и рассчитывать испаряемость при отрицательных значениях радиационного баланса. По приведенным формулам (11) и (12) графика рисунка 2 за все внутригодовые месяцы была рассчитана испаряемость и приведена в работах [7; 8; 18; 19]. Так как переходные месяцы март и июнь получают разное астрономическое тепло, то следует определять их реальные потоки. В сумме они составляют $2/3$ начального месячного потока тепла (испаряемости) и $1/3$ — завершающего соответствующего потока в конце месяца.

$$E_0 \text{ (VII–II)} = -0,000009 x^4 + 0,0009 x^3 + 0,108 x^2 + 3,0073 x + 27,97, R^2 = 0,9798; \tag{11}$$

$$E_0 \text{ (III–VI)} = -0,0143 x^2 + 3,7442 x + 88,308; R^2 = 0,8975. \tag{12}$$

Водопотребление культурных растений

Экспериментальное определение мелиоративного водопотребления культурных растений. Следует сразу отметить, что мелиоративное (максимальное) водопотребление возделываемых культур формируется в условиях достаточного (оптимального) увлажнения почв, т. е. в условиях оптимального физико-географического процесса. Это максимальное суммарное испарение, фиксирующее отношение наибольшего испарения при оптимальном увлажнении почвы к испаряемости и не превышающее его, что теоретически

выявлено В.С. Мезенцевым [15]. Этим подчеркивается также, что имеется резерв тепла и на другие виды природных процессов. В ряде изданий отечественных и зарубежных ученых экспериментальные сведения подтверждают данный факт [3; 4; 10; 13; 14; 27].

В пределах Байкальского региона мы располагаем ограниченными данными этих исследователей. Однако и они обеспечивают достоверное сравнение непосредственных измерений на метеорологических станциях испаряемости — водный эквивалент радиационного баланса (E_0) — с экспериментальными значениями испаряемости (водопотребления) культурных растений, выявленными указанными исследователями (рис. 3 а, б).

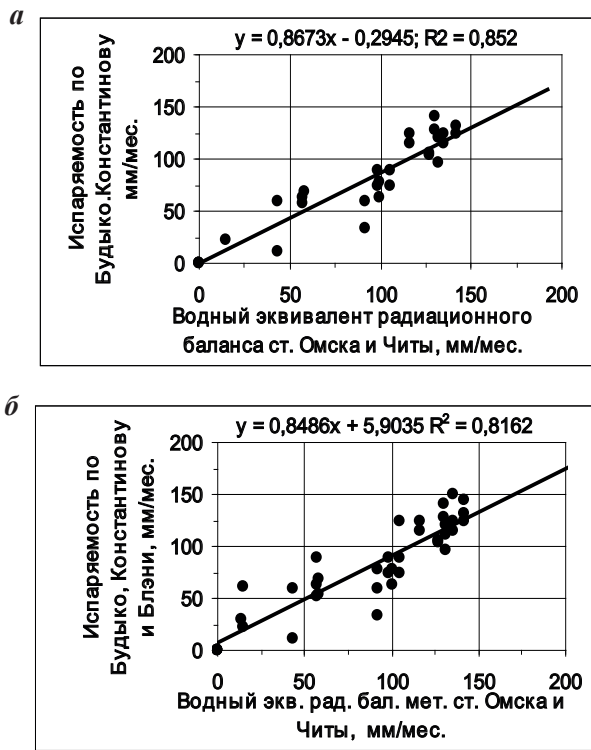


Рис. 3. Соотношение испаряемости (водопотребления) между опытными данными орошаемых полей и испаряемостью (водным эквивалентом радиационного баланса), определенной на метеорологических станциях:

а — по данным Будыко, Константинова; *б* — по данным Будыко, Константинова, Блэни

Расчет параметров водопотребления. При определении оптимального водопотребления культурных растений сравнивались данные уравнений (11) и (12), как осредненные на всю территорию Байкальского региона, с данными рассчитанными по формулам (7–10). При этом определялась также испаряемость только по формуле каждой отдельной станции, выведенной на основе ее измеренных данных.

Используемый нами радиационный баланс обычно называют остаточным. Его определяют в большинстве случаев через сумму температур, превышающих

10 °С. Такими корреляциями являются расчетные величины уравнений (7–10). Определенные по ним годовые суммы испаряемости (E_0) сравнили с измеренной и осредненной годовой суммой испаряемости за все месяцы на 17 метеорологических станциях Байкальского региона: Ербогачен, Ванавара, Енисейск, Мамакан, Братск, Байкальское, Хужир, Иркутск, Хомутово, Тулун, Чита, Борзя, Мангут, Хакасская, Омск, Хабаровск, Ильчир (см. табл.). Отношения данных уравнения (7) к измеренным составили 0,86, а сравнение с месячными суммами испаряемости, определенными за год по уравнениям (11) и (12) — 0,83. Подобное соотношение было выявлено и с учетом годовых рассчитанных данных по уравнению (8), которое составило 0,76 и 0,73. Сравнение расчетных данных по уравнению (9) В.С. Мезенцева показало соотношения 1,11 и 1,08.

Таким образом, суммарное испарение, определенное по формуле (7), в большей степени отражает водопотребление культурных растений. Его соотношение с измеренной испаряемостью составляет около 0,86, что подтверждается корреляциями на графиках, представленных на рисунке 3 и данными таблицы.

**Отношение испаряемости, рассчитанной по формулам,
к измеренной испаряемости на метеорологических станциях.
Определение гидролого-климатического параметра n**

Метеостанция	E_0 ув. п. / E_0 изм.	E_0 ком.м. / E_0 изм.	E_0 мез./ E_0 изм.	E_0 б.р. / E_0 изм.	E_0 м.с. / E_0 изм.	n E_0 ув.п.	n E_0 ком.м	n E_0 Мез.
Ербаченен	1,01	0,86	1,09	1,09	0,97		4,6	
Ванавара	0,95	0,82	1,03	1,09	0,95		3,49	
Енисейск	1,03	0,89	1,11	1,28	1,07		5,95	
Братск	0,95	0,84	1,03	1,09	1,05		3,98	
Мамакан	0,91	0,80	0,99	1,18	1,05		3,12	
Байкальск	0,66	0,55	0,71	0,87	1,01	1,60	1,2	0,87
Хужир	0,69	0,59	0,75	0,91	1,02	1,87	1,31	1,05
Иркутск	0,78	0,68	0,84	0,95	1,05	2,79	1,8	1,74
Хомутово	0,77	0,68	0,84	0,95	1,01	2,65	1,8	1,71
Тулун	0,87	0,76	0,95	1,09	1,04	4,98	2,53	5,45
Чита	0,85	0,76	0,92	1,03	1,02	4,26	2,53	3,79
Борзя	0,77	0,70	0,83	0,90	0,97	2,65	1,94	1,65
Мангут	0,76	0,68	0,83	0,93	1,02	2,53	1,8	1,57
Хакасская	0,86	0,78	0,93	1,03	1,04	4,60	2,79	4,22
Омск	0,96	0,88	1,04	1,11	1,04		5,42	
Хабаровск	0,92	0,87	0,98	1,06	1,06	8,31	4,98	
Ильчир	0,53	0,44	0,54	0,72	0,72	1,09	0,84	0,48
Ср. арифм.	0,84	0,74	0,91	1,02	1,01	3,39	2,95	2,25

Таким образом, анализ физико-географического процесса подтвердил его главенствующую роль в формировании естественных и природно-технических систем. Его общим индикатором является испаряемость, которая относительно средних месячных температур воздуха имеет разные периоды формирова-

ния: летне-зимний (VII–II) пониженных и зимне-весенний (III–VI) повышенных значений. Их сравнение с опытными данными показало, что формулы испаряемости увлажненной поверхности в большей степени соответствуют водопотреблению растений и могут быть использованы в мелиоративном природопользовании. Анализ единства водного и теплоэнергетического балансов показал, что их обобщающим параметром является испаряемость, определяемая на метеорологических станциях, или определенная по зависимостям (11) и (12), а также по формуле (9) В.С. Мезенцева. Осуществленный анализ водных и тепловых составляющих ландшафта подтвердил, что они формируются по законам развития оптимума физико-географического процесса.

Литература

1. Андрианов Б.В. Земледелие наших предков. М.: Наука, 1978. 166 с.
2. Белоненко Г.В., Попова Н.Б., Тусунбеков Ж.А. Эколого-географические условия транспортного освоения Западной Сибири. Новосибирск: СГУПС, 2012. 266 с.
3. Будыко М.И. Об определении испарения с поверхности суши // Метеорология и гидрология. 1955. № 1. С. 52–58.
4. Будыко М.И., Зубенок Л.И. Определение испарения с поверхности суши // Известия АН СССР. Серия география. 1961. № 1. С. 3–17.
5. Глушков В.Г. Географо-гидрологический метод // Вопросы теории и методы гидрологических исследований. М., 1961. С. 70–76.
6. Григорьев А.А. Закономерности строения и развития географической среды // Избранные теоретические работы. М.: Мысль, 1966. 382 с.
7. Дмитриева В.Т., Напрасников А.Т. Географические и климатические факторы комфортности территории Восточного Забайкалья // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2008. № 1. С. 15–24.
8. Дмитриева В.Т., Напрасников А.Т. Геотопологические системы увлажнения и теплообеспеченности Байкальского региона и Монголии // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2011. № 1 (7). С. 35–44.
9. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. М: МГУ, 1996. 384 с.
10. Зубенок Л.И. Испарение на континентах. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 264 с.
11. Иванов Н.Н. Мировая карта испаряемости. Л.: Гидрометеиздат, 1957. 38 с.
12. Карнацевич И.В. Расчеты тепловых и водных ресурсов малых речных водосборов на территории Сибири // Труды Омск. с.-х ин-та. Омск, 1991. 81 с.
13. Карнацевич И.В., Мезенцева О.В., Тусунбеков Ж.А., Бикбулатова Г.Г. Возобновляемые ресурсы теплообеспеченности Западно-Сибирской равнины и динамика их характеристик. Омск: ОмГАУ, 2007. 268 с.
14. Константинов А.Р. Испарение в природе. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 532 с.
15. Мезенцев В.С. Метод гидролого-климатических расчетов и опыт его применения для районирования Западно-Сибирской равнины по признакам увлажнения и теплообеспеченности // Тр. Омского сельхоз. ин-та. 1957. Т. XXVII. 121 с.
16. Мезенцев В.С. Гидрологические расчеты в мелиоративных целях. Омск: ОмСХИ, 1982. 80 с.
17. Моторин А.С., Калинин В.М. Режим осушения среднемощных низинных торфяников Тюменской области под кормовые культуры // Мелиорация земель Сибири и Дальнего Востока. М.: Агропромиздат, 1985. С. 12–17.

18. *Напрасников А.Т.* Критерии бинарной оценки гидролого-климатической устойчивости геосистем // География и природные ресурсы. 2002. № 3. С. 18–27.
19. *Напрасников А.Т., Лопатовская О.Г.* Практикум по курсу «Мелиорация почв». Иркутск: ИГУ, 2014. 135 с.
20. *Нееф Э.* Теоретические основы ландшафтоведения. М.: Прогресс, 1974. 219 с.
21. *Ольдекоп Э.М.* Об испарении с поверхности речных бассейнов // Сб. тр. Метеоролог. обсерв. импер. Юрьевского ун-та. 1911. Т. IV. 209 с.
22. *Преображенский В.С., Александрова Т.Д., Куприянова Т.Н.* Основы ландшафтного анализа. М.: Наука, 1988. 192 с.
23. *Пузаченко Ю.Г.* Методологические основы измерения сложности ландшафта // Изв. РАН. Сер. геогр. 1995. № 4. С. 30–50.
24. *Сочава В.Б.* Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 320 с.
25. *Чайлд Г.* Древнейший Восток в свете новых раскопок: пер с англ. М.: Иностранная литература, 1956. 345 с.
26. *Черняков Б.А., Шевлягина Е.А.* США: индустриализация сельского хозяйства, экологические последствия — проблемы перехода к САРД // Устойчивое развитие сельского хозяйства и сельских территорий: зарубежный опыт и проблемы России. М.: КМК, 2005. С. 118–152.
27. *Blaney H.F., Criddle W.D.* Determining water requirements in irrigated areas from climatologic and irrigation data. U. S. Dept. Agris Soil Cons. Serv. Techn., 1958. P. 96–98.

Literatura

1. *Andrianov B.V.* Zemledelie nashix predkov. М.: Nauka, 1978. 166 s.
2. *Belonenko G.V., Popova N.B., Tusunbekov Zh.A.* Эколого-географические условия транспортного освоения Западной Сибири. Новосибирск: SGUPСа, 2012. 266 s.
3. *Budy'ko M.I.* Ob opredelenii isparenija s poverxnosti sushi // Meteorologija i gidrologija. 1955. № 1. S. 52–58.
4. *Budy'ko M.I., Zubenok L.I.* Opredelenie isparenija s poverxnosti sushi // Izvestiya AN SSSR. Seriya geografija. 1961. № 1. S. 3–17.
5. *Glushkov V.G.* Geografo-gidrologičeskij metod // Voprosy' teorii i metody' gidrologičeskix issledovanij. М., 1961. S. 70–76.
6. *Grigor'ev A.A.* Zakonomernosti stroenija i razvitiya geograficheskoj sredy' // Izbranny'e teoreticheskie raboty'. М.: My'sl', 1966. 382 s.
7. *Dmitrieva V.T., Naprasnikov A.T.* Geograficheskie i klimatičeskie faktory' komfortnosti territorii Vostočnogo Zabajkal'ja // Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki». 2008. № 1. S. 15–24.
8. *Dmitrieva V.T., Naprasnikov A.T.* Geotopologičeskie sistemy' uvlazhnenija i teplobespečennosti Bajkal'skogo regiona i Mongolii // Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki». 2011. № 1 (7). S. 35–44.
9. *Zajdel'man F.R.* Melioracija pochv. М: MGU, 1996. 384 s.
10. *Zubenok L.I.* Isparenie na kontinentax. L.: Gidrometeoizdat, 1976. 264 s.
11. *Ivanov N.N.* Mirovaya karta isparjaemosti. L.: Gidrometeoizdat, 1957. 38 s.
12. *Karnacevich I.V.* Rasčety' teplovy'x i vodny'x resursov maly'x rechny'x vodosborov na territorii Sibiri // Trudy' Omsk. s.-x in-ta. Omsk, 1991. 81 s.
13. *Karnacevich I.V., Mezenceva O.V., Tusunbekov Zh.A., Bikbulatova G.G.* Vozobnovljaemy'e resursy' teplovlagoobespečennosti Zapadno-Sibirskoj ravniny' i dinamika ix charakteristik. Omsk: OmGAU, 2007. 268 s.

14. *Konstantinov A.R.* Испарение в природе. L.: Гидрометеоздат, 1968. 532 с.
15. *Mezencev V.S.* Metod gidrologo-klimaticeskix raschetov i opy't ego primeneniya dlya rajonirovaniya Zapadno-Sibirskoj ravniny' po priznakam uvlazhneniya i teploobespechennosti // Tr. Omskogo sel'hoz. in-ta. 1957. T. XXVII. 121 s.
16. *Mezencev V.S.* Gidrologicheskie raschety' v meliorativny'x celyax. Omsk: OmSXI, 1982. 80 s.
17. *Motorin A.S., Kalinin V.M.* Rezhim osusheniya srednemoshhny'x niziny'x torfyanikov Tyumenskoj oblasti pod kormovy'e kul'tury' // Melioraciya zemel' Sibiri i Dal'nego Vostoka. M.: Agropromizdat, 1985. S. 12–17.
18. *Naprasnikov A.T.* Kriterii binarnoj ocenki gidrologo-klimaticeskoy ustojchivosti geosistem // Geografiya i prirodny'e resursy'. 2002. № 3. S. 18–27.
19. *Naprasnikov A.T., Lopatovskaya O.G.* Praktikum po kursu «Melioraciya pochv». Irkutsk: IGU, 2014. 135 s.
20. *Neef E'.* Teoreticheskie osnovy' landshaftovedeniya. M.: Progress, 1974. 219 s.
21. *Ol'dekop E'M.* Ob isparenii s poverxnosti rechny'x bassejnov // Sb. tr. Meteorolog. observ. imper. Yur'evskogo un-ta. 1911. T. IV. 209 s.
22. *Preobrazhenskij V.S., Aleksandrova T.D., Kupriyanova T.N.* Osnovy' landshaftnogo analiza. M.: Nauka, 1988. 192 s.
23. *Puzachenko Yu.G.* Metodologicheskie osnovy' izmereniya slozhnosti landshafta // Izv. RAN. Ser. geogr. 1995. № 4. S. 30–50.
24. *Sochava V.B.* Vvedenie v uchenie o geosistemax. Novosibirsk: Nauka, 1978. 320 s.
25. *Chajld G.* Drevnejshij Vostok v svete novy'x raskopok: per s angl. M.: Inostrannaya literatura, 1956. 345 s.
26. *Chernyakov B.A., Shevlyagina E.A.* SShA: industrializaciya sel'skogo khozyajstva, e'kologicheskie posledstviya — problemy' perexoda k SARD // Ustojchivoe razvitie sel'skogo khozyajstva i sel'skix territorij: zarubezhny'j opy't i problemy' Rossii. M.: KMK, 2005. S. 118–152.
27. *Blaney H.F., Criddle W.D.* Determining water requirements in irrigated areas from climatologicas and irriqation data. U. S. Dept. Aqris Soil Cons. Serv. Techn., 1958. P. 96–98.

*A.T. Naprasnikov,
V.T. Dmitrieva*

Physical and Geographical Process in the Methodology of Knowledge of Geography, Hydrology and Rational Nature Management

Physical and geographical process in terms of its applicability in the methodology of knowledge of hydrological and environmental aspects of geography is analyzed in the article. From the ratio of heat and moisture its role in the unity of corresponding balances is disclosed. Spatial and temporal criteria of dependency of evaporation (water equivalent of the radiation balance) and water use of cultivated plants from the mean monthly air temperatures of the meteorological stations of the Baikal region are revealed. Their quantitative parameters are established. A short overview of nature and economy evolution from ancient times to nowadays is carried out. The continual way of forming the natural reclamation systems is proposed.

Keywords: geosystem; physical and geographical process; a meliorative nature use; relationship of the elements of water and heat and power balances.