

Оригинальная статья

УДК 631.6

DOI: 10.26897/1997-6011-2023-2-23-27



О ГЕНЕТИЧЕСКОЙ (ГНОСЕОЛОГИЧЕСКОЙ) ТЕОРИИ МЕЛИОРАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Мустафаев Жумахан Сулейменович, д-р техн. наук, профессор

z-mustafa@rambler.ru

АО «Институт географии и водной безопасности»; г. Алматы, Медеуский р-н, ул. Пушкина, 99, Казахстан

Аннотация. Цель исследований – развитие учения о мелиорации сельскохозяйственных земель на основе общих законов природы, изучения природных процессов и генезиса природообустройства. На основе изучения закономерности формирования генетической теории стока А.И. Воейкова, принадлежащей зависимости речного стока, атмосферных осадков и суммарного испарения, сделана попытка установить причинную связь коэффициента естественного увлажнения Н.Н. Иванова, «индекса сухости» или гидротермического показателя М.И. Будыко и затрат энергии на почвообразование В.Р. Волобуева для формирования генетической (гносеологической) теории мелиорации сельскохозяйственных земель. С использованием философских идей и мировоззренческих взглядов в сферах природопользования построен логический каркас генетической теории мелиорации сельскохозяйственных земель и на его основе предложен расчетный метод определения экологической нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий для целенаправленного управления и регулирования почвообразовательного процесса, продуктивности мелиорируемых земель.

Ключевые слова: генетическая теория, водный баланс, речной сток, энергия почвообразования, природообустройство

Формат цитирования: Мустафаев Ж.С. О генетической (гносеологической) теории мелиорации сельскохозяйственных земель // Природообустройство. 2023. № 2. С. 23-27. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-2-23-27.

© Мустафаев Ж.С., 2023

Original article

ON THE GENETIC (GNOSEOLOGICAL) THEORY OF AGRICULTURAL LAND RECLAMATION

Mustafaev Zhumakhan Suleymenovich, Doctor of Technical Sciences, Professor

z-mustafa@rambler.ru

JSC «Institute of Geography and Water Security», Kazakhstan, Almaty, Medeusky district, str. Pushkin, 99.

Annotation. Based on studying the regularity of the formation of the genetic theory of runoff by A.I. Voyeykov, which belongs to the dependence of river runoff, atmospheric precipitation, and total evaporation, an attempt was made to establish a causal relationship between the coefficient of natural moisture by N.N. Ivanov, the «dryness index» or hydrothermal indicator by M.I. Budyko, and the energy costs of soil formation by V.R. Volobuev, in order to form a genetic (gnoseological) theory of agricultural land improvement. Using philosophical ideas and worldview in the field of natural resource management, a logical framework for the genetic theory of agricultural land improvement was constructed, and based on them, a calculation method was proposed to determine the ecological norm of water consumption for agricultural lands for purposeful management and regulation of the soil formation process and productivity of reclaimed lands.

Keywords: genetic theory, water balance, river runoff, energy of soil formation, environmental management

Format of citation: Mustafaev Zh.S. On the genetic (gnoseological) theory of agricultural land reclamation // Prirodoobustrojstvo. 2023. No. 2. S. 23-27. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-2-23-27.

Введение. В ходе исторического развития человечества сформировались методы, способы и технологии природообустройства, обеспечивающие улучшение свойств природы и повышающие или восстанавливающие потребительскую стоимость почвы как объекта сельскохозяйственной деятельности для целенаправленного управления и регулирования почвообразовательного процесса и растительного покрова. При этом для изучения сложной структуры реальных объектов материальной среды (почвенного и растительного покрова) и согласования с ними сельскохозяйственной деятельности сформировались учения: В.В. Докучаева, В.Р. Вильямса, А.Н. Костякова о генезисе и мелиорации почв как особого природного тела; В.В. Докучаева, А.А. Григорьева и М.И. Будыко – о законе эволюции и географической зональности почв; В.Р. Волобуева – об энергии почвообразования; В.Х. Хачатурьяна, И.П. Айдарова, Л.М. Рекса – о деятельностно-природной системе. Базируются учения на деятельностном и экосистемном подходах к оценке преобразующей среды, комплексном обустройстве водосборов, системном исследовании мелиоративных процессов и систем, принципах обоснования экологически допустимых водопотребностей сельскохозяйственных угодий. Все протекающие в них процессы рассматриваются через призму конкретной антропогенной деятельности, опираясь на почвенно-экологические, ландшафтные и гидрохимические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель.

Процессы формирования природы и природного процесса обладают региональной детерминированностью: на разных территориях различаются в зависимости от природно-географических зон, что требует необходимости генетического обоснования их качественных и количественных параметров.

На основе систематизации эволюции естественнонаучных взглядов, синтеза научных знаний, диалектического и абстрактно-логического методов познания природы и природного процесса формировалась фундаментальная теория в области природопользования и природообустройства, позволяющая построить логический каркас генетической (гносеологической) теории мелиорации сельскохозяйственных земель.

Цель исследований: развитие учения о мелиорации сельскохозяйственных земель на основе общих законов природы, изучения природных процессов и генезиса природообустройства.

Материалы и методы исследований. В качестве материалов использована

генетическая теория стока А.И. Воейкова, характеризующая главную природную функцию речного бассейна – стокообразование. Методы исследований основаны на способах познания деятельности природной системы с использованием логико-математического моделирования и понимания сущности изучаемых явления в рамках принципов интеграции знаний.

Результаты и их обсуждение. Генетическая теория речного стока, раскрывающая причинные связи не только стока, но элементов водного баланса, впервые были предложена знаменитым русским ученым А.И. Воейковым и выражается следующим образом [1]:

$$P = Y + E, \quad (1)$$

где P , Y , E – среднегодовые величины атмосферных осадков, речного стока и суммарного испарения.

Если разделить обе части уравнения водного баланса на среднегодовые величины атмосферных осадков, после некоторых преобразований получим модификации зависимости (1) годового коэффициента стока, предложенного Г. Келлером и Э.М. Ольдекопом [2, 3]:

$$P/P = Y/P + E/P; 1 = Y/P + E/P; 1 - E/P = Y/P; 1 - E/P = Y/P; k_c = Y/P, \quad (2)$$

где k_c – годовой коэффициент стока.

Если разделить обе части уравнения водного баланса на среднегодовые величины суммарного испарения, после некоторых преобразований получим модификации коэффициента естественного увлажнения территории, предложенного Н.Н. Ивановым [4]:

$$P/E = Y/E + E/E; P/E = Y/P + 1; 1 + Y/P = P/E; k_y = P/E, \quad (3)$$

где k_y – коэффициент естественного увлажнения территории.

Математический смысл генетической теории годового коэффициента стока и коэффициента естественного увлажнения территории представляет собой уравнение водного баланса А.И. Воейкова и среднегодовые величины суммарного испарения, характеризующие теплообеспеченность и определяемые формулой Н.Н. Иванова [4]:

$$E_o = 0,0061 \cdot (25 + t)^2 (1 - 0,01 \cdot \alpha), \quad (4)$$

где E_o – испаряемость с водной поверхности, мм/сут.; t – средняя температура воздуха, °C; α – относительная влажность воздуха, %.

Одной из основных составляющих водного баланса речных бассейнов или сельскохозяйственных угодий являются среднегодовые величины суммарного испарения,

которые определяются по формуле П. Шайбера и Э.М. Ольдекопа [5]:

$$E = P[1 - \exp(E_o / P)] \text{ и } E = E_o \cdot th(P / E_o), \quad (5)$$

где th – функция гиперболического тангенса.

На основе структурного анализа формул П. Шайбера и Э.М. Ольдекопа, М.И. Будыко показано, что величина испаряемости зависит непосредственно от радиационного баланса испаряющей поверхности, что можно вычислить по формуле [6]:

$$E_o = R / L, \quad (6)$$

где R – радиационный баланс территории, кДж/см²; L – скрытая теплота парообразования, равная 2,5 кДж/см³.

Структура формул П. Шайбера, Э.М. Ольдекопа и их модификация в виде среднегеометрического соотношения, предложенного М.И. Будыко, включает в себя среднегодовое значение величины суммарного испарения, что позволяет уравнение водного баланса А.И. Воейкова представить в следующем виде:

$$P = Y + R / L. \quad (7)$$

Если разделить обе части уравнения водного баланса на среднегодовое значение атмосферных осадков, после некоторых преобразований получим модификацию «индекса сухости», предложенного М.И. Будыко [6]:

$$P/P = Y/P + R/L \cdot P; 1 - Y/P = R/L \cdot P; \bar{R} = R/L \cdot P, \quad (8)$$

где $\bar{R}$ – «индекс сухости», или гидротермический показатель.

Преимущество показателя «индекса сухости» ($\bar{R}$) перед другими является очевидным: во-первых, он характеризует условия тепло- и влагообеспеченности почвенного и растительного покрова ландшафтов, то есть биологического процесса; во-вторых, определяет в значительной степени условия формирования почвенных, гидрогеологических и геохимических условий; в-третьих, позволяет учесть характер и интенсивность антропогенной деятельности.

Для правильного понимания целей и задачи природообустройства необходимо определить систему ценностей и обозначить объект воздействия как пространственный базис природопользования. Такими ценностями являются человек и среда его обитания, а объектом воздействия является почва как основная часть биосферы ландшафты в целом и как основное средство, предмет труда в сельскохозяйственном производстве.

Реальная почва, как сложная открытая система, находящаяся в постоянном массо- и энергообмене с окружающей средой, являющейся структурной единицей биосферы –

биогеоценоза (экосистемы), для развития почвообразовательной деятельности использует солнечную энергию. Интенсивность и направленность почвообразовательного процесса во многом зависят от суммарной затраты энергии на почвообразование, которая определяется по формуле В.Р. Волобуева [7]:

$$Q_n = \alpha_o \cdot R = R \cdot \exp(-\alpha \cdot \bar{R}) = \exp(-0,47 \cdot \bar{R}), \quad (9)$$

где Q_n – суммарные затраты энергии на почвообразование, кДж/см²; α_o – показатель полноты использования радиационной энергии в почвообразовании:

$$\alpha_o = \exp[-0,47(1/k_y)] = \exp(-\alpha \cdot \bar{R}), \quad (10)$$

здесь α – коэффициент, учитывающий состояние почвы и равный 0,47.

Эмпирическая зависимость для определения затрат энергии на почвообразование, полученная В.Р. Волобуевым, достаточно хорошо описывается физическим законом Бугерра-Ламберта-Бэра, характеризующим поглощение световой энергии средой [8]:

$$I(l) = I_o \cdot \exp(-k_\lambda \cdot l),$$

где $I(l)$ – интенсивность света, прошедшего слой вещества толщиной l ; I_o – интенсивность света на входе в вещество; – показатель поглощения; l – длина волны, которая показывает его физическую природу.

Теория мелиорации сельскохозяйственных земель, или почвообразовательного процесса, состоит из трех компонентов: коэффициента естественного увлажнения Н.Н. Иванова; показателя «индекса сухости», или гидротермического показателя, М.И. Будыко; затрат энергии на почвообразование В.Р. Волобуева, – как индикаторов физических процессов, выполняющих важные средообразующие или экологические функции и повышающих или восстанавливающих потребительскую стоимость почвы, как объекты сельскохозяйственной деятельности, для целенаправленного управления и регулирования почвообразовательного процесса и растительного покрова. При этом под генетической теорией мелиорации сельскохозяйственных земель понимают обоснование индикаторов физических процессов почвенного и растительного покрова сельскохозяйственных угодий, позволяющих количественно воспроизводить основные физические закономерности формирования почвообразовательного процесса и биологических масс сельскохозяйственных культур на основе теоретических представлений средообразующих или экологических функций природной системы.

Суммарное испарение на сельскохозяйственных угодьях, являющихся одной из составляющих водного баланса территории, формируется

под влиянием их годового радиационного баланса поверхности почвы (R_i), который составляет разность между количеством поглощенной коротковолновой радиации солнца и эффективным длинноволновым излучением деятельной поверхности. Он обуславливается: теплом, затраченным на испарение, то есть результатом умножения скрытой теплоты парообразования (L) на суммарное испарение (ET_{ci}); теплообменом в почве между поверхностными и более глубокими слоями (B_{ni}); турбулентным теплообменом между деятельной поверхностью и атмосферой (P_{mi}). Тогда суммарное испарение сельскохозяйственных угодий, мм, вычисляется уравнением [6]:

$$ET_{ci} = (R_i - P_{mi} - B_{ni}) \cdot L^{-1}. \quad (11)$$

При измерении радиационного баланса, ккал/см², за период t , стремясь получить ET_{ci} , мм, при $L = 0,6$ ккал/см³ будем иметь [9]: $ET_{ci} = 16,7 \cdot (R_i - P_{mi} - B_{ni})$, а при измерении R_i , кДж/см², $L = 2,5$ кДж/см³ ET_{ci} , мм, будет равно: $ET_{ci} = 4,0 \cdot (R_i - P_{mi} - B_{ni})$.

Поскольку в среднем за год верхние слои почвы не охлаждаются и не нагреваются, для среднего многолетнего годовичного периода в условиях суши $P_m = 0$, а поток тепла между поверхностью почвы и нижележащими слоями близок к нулю, то есть $B_n = 0$. Тогда уравнение для определения суммарного испарения сельскохозяйственных угодий (ET_{ci} , мм) примет следующий вид [9]:

$$ET_{ci} = 4,0 \cdot R_i \cdot L^{-1}. \quad (12)$$

Географическая особенность радиационного баланса (R) деятельной поверхности приземного слоя воздуха и почвы характеризуется суммой активных температур воздуха ($\sum t > 10^\circ\text{C}$). Для расчета радиационного баланса по сумме активных температур Ю.Н. Никольским и В.В. Шабановым [10] установлена следующая зависимость:

$$R_i = 13,39 + 0,0079 \cdot \sum t_i > 10^\circ\text{C}. \quad (13)$$

Изучение и установление количественных показателей суммарного водопотребления (эвапотранспирации) естественными сельскохозяйственными угодьями представляют актуальную задачу, которая определяется на основе уравнения водного баланса, имеющего следующий вид:

$$ET_{ci} - O_{ci} - g = \Delta ET_{ci} \text{ или } 4,0 \cdot R_i \cdot L^{-1} - O_{ci} - g = \Delta ET_{ci}, \quad (14)$$

где ΔET_{ci} – дефицит суммарного водопотребления, мм; g – влагообмен между почвенными и грунтовыми водами, мм; O_{ci} – атмосферные осадки, мм.

Для обоснования экологической нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий можно использовать «радиационный индекс

сухости» ($\bar{R}_i = R_i / L \cdot O_{ci}$), характеризующий принцип энергетической сбалансированности тепла, влаги и питательных веществ, с учетом природных режимов, позволяющий обеспечить развитие почвообразовательного процесса в соответствии с законом эволюции [11].

В условиях природообустройства (мелиорация сельскохозяйственных земель) комплексный гидротермический показатель («радиационный индекс сухости») (R_i) с учетом дефицита суммарного водопотребления сельскохозяйственных угодий (дефицита экологической нормы водопотребности) ($\Delta ET_{ci}^a = O_{pi}^a$) может быть выражен следующей формулой: $\bar{R}_i = (4,0 \cdot R_i / L) \cdot (O_{ci} + (\Delta ET_{ci}^a))$.

Далее для определения дефицита экологической нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий проведем некоторые преобразования:

$$\begin{aligned} (O_{ci} + (\Delta ET_{ci}^a)) \cdot L &= 4,0 \cdot (R_i / \bar{R}_i); \\ O_{ci} + (\Delta ET_{ci}^a) &= 4,0 \cdot (R_i / \bar{R}_i) \cdot L; \\ \Delta ET_{ci}^a &= [4,0 \cdot (R_i / \bar{R}_i) \cdot L] - O_{ci}. \end{aligned} \quad (15)$$

При этом предельно-допустимый дефицит экологической нормы водопотребности (оросительная норма) сельскохозяйственных угодий определяется с учетом геоэкологических ограничений, то есть при ($\bar{R}_i = 0,9 - 1,0$), когда в природной среде наблюдаются благоприятные условия для формирования почвообразовательного процесса, то есть при $\bar{R}_i = 1,0$ дефицит экологической нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий определяется как

$$\Delta ET_{ci}^a = [4,0 \cdot (R_i / L)] - O_{ci}. \quad (16)$$

Геоэкологические ограничения при нормировании «дефицита экологического водопотребления сельскохозяйственных угодий» (ΔET_{ci}^a) и «избытка солнечной энергии на почвообразовательный процесс» (ΔQ_{ii}) тесно связаны между собой. С учетом особенностей и взаимообусловленности этих природных процессов потенциальные затраты солнечной энергии на почвообразовательный процесс (Q_{ni}^n), при $\bar{R}_i = 1,0$ определяются следующим образом:

$$Q_{ni}^n = R_i \cdot \exp(-\alpha).$$

В естественных природных условиях «избыток солнечной энергии на почвообразовательный процесс» (ΔQ_{ni}^u), то есть неиспользованного годового радиационного баланса поверхности почвы (R_i), определяется как

$$\begin{aligned} \Delta Q_{ni}^u &= Q_{ni}^n - Q = R \cdot \exp(-\alpha) - R \cdot \exp(-\alpha \cdot \bar{R}_i); \\ \Delta Q_{ni}^u &= R_i [\exp(-\alpha) - \exp(-\alpha \cdot \bar{R}_i)] = R_i \cdot \exp[-(\alpha - \alpha \cdot \bar{R}_i)]; \\ \Delta Q_{ni}^u &= R_i \cdot \exp\{-[\alpha \cdot (1 - \bar{R}_i)]\}. \end{aligned} \quad (17)$$

Следует отметить, что «дефицит экологического водопотребления сельскохозяйственных угодий» (ΔET_{ci}^a) и «избыток солнечной энергии на почвообразовательный процесс» (ΔQ_{ii}) при одинаковых условиях тепло- и влагообеспеченности ($\bar{R}_i$) находятся в прямой зависимости от радиационного баланса поверхности почвы (R_i).

На основе этих естественнонаучных представлений о современных экологических механизмах нормирования мелиорации можно определить дефицит экологического водопотребления сельскохозяйственных угодий ($\Delta ET_{ci}^a = O_{pi}^a$), обеспечивающих оптимальное использование «избытка солнечной энергии на почвообразовательный процесс» (ΔQ_{ii})

естественных ландшафтов в гидроагроландшафтах:

$$\Delta ET_{ci}^a = O_{pi}^a = \Delta Q_{ii}^u / L. \quad (18)$$

Выводы

Таким образом, результаты теоретических исследований и полученных методологических обоснований генетических теорий мелиорации сельскохозяйственных земель предназначены для разработки новых концепций и стратегий, законодательных актов и совершенствования нормативно-технической документации, конструирования гидроагроландшафтных систем, обеспечивающих восстановление и экологическую устойчивость природных систем.

Список использованных источников

1. **Воейков А.И.** Климаты земного шара, в особенности России. Санкт-Петербург: Картогр. заведение А. Ильина, 1884. [2], VI, 640
2. **Келлер Р.** Воды и водный баланс суши: М.: Прогресс, 1965. 435 с.
3. **Ольдекоп Е.М.** Об испарении с поверхности речных бассейнов: Сб.работает. Т. 4. Юрьев, тип.Эд.Бергман, 1911. 209 с.
4. **Иванов Н.Н.** Зоны увлажнения земного шара // Известия АН СССР. Серия «География и геофизика». 1941. № 3. С. 15-32.
5. Режимы влагообеспеченности и условия гидромелиораций степного края / Под ред. В.С. Мезенцева. М.: Колос, 1974. 240 с.
6. **Будыко М.И.** Тепловой баланс земной поверхности. Л.: Гидрометеоиздат, 1956. 256 с.
7. **Волобуев В.Р.** Введение в энергетику почвообразования. М.: Наука, 1974. 120 с.
8. **Борн М., Вольф Э.** Основы оптики. М.: Наука, 1973. 720 с.
9. **Сенчуков Г.А., Новикова И.В.** Суммарное водопотребление и урожайность сельскохозяйственных культур // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2015. № 4(20). С. 108-119.
10. **Никольский Ю.Н., Шабанов В.В.** Расчет проектной урожайности в зависимости от водного режима мелиорируемых земель // Гидротехника и мелиорация. 1986. № 9. С. 52-56.
11. **Мустафаев Ж.С.** Основные принципы нормирования водопотребности агроландшафтов / Рябцев А.Д., Козыкеева А.Т., Кененбаев Т.С. // Водное хозяйство Казахстана. 2009. № 2. С. 3-12.

Критерии авторства

Мустафаев Ж.С.. выполнил теоретические исследования, на основании которых провел обобщение и написал рукопись, имеет на статью авторское право и несет ответственность за плагиат.

Статья поступила в редакцию 09.01.2023

Одобрена после рецензирования 02.03.2023

Принята к публикации 10.04.2023

References

1. **Voeikov A.I.** Climates of the globe, especially Russia. St. Petersburg: Kartogr. institution of A. Ilyin, 1884. [2], VI, 640
2. **Keller R.** Water and the water balance of the land. Moscow: Progress, 1965. 435 p.
3. **Oldekop E.M.** On evaporation from the surface of river basins: Sat.works. T. 4. Yuriev, type. Ed. Bergman, 1911. 209 p.
4. **Ivanov N.N.** Humidification zones of the globe // Izvestiya AS of the USSR, geography and geophysics series. 1941. No. 3. P. 15-32.
5. Moisture supply regimes and hydromelioration conditions in the steppe region (edited by V.S. Mezentsev). Moscow: Kolos, 1974. 240 p.
6. **Budyko M.I.** Thermal balance of the earth's surface. L.: Gidrometeoizdat, 1956. 256 p.
7. **Volobuev V.R.** Introduction to the energetics of soil formation. M.: Nauka, 1974. 120 p.
8. **Born M., Wolf E.** Fundamentals of Optics. M., Nauka, 1973. 720 p.
9. **Senchukov G.A., Novikova I.V.** Total water consumption and productivity of agricultural crops // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems, 2015. No. 4 (20). P. 108-119
10. **Nikolsky Yu.N., Shabanov V.V.** Calculation of the design yield depending on the water regime of reclaimed lands // Hydrotechnics and melioration. 1986. № 9. P. 52-56.
11. **Mustafaev Zh.S.** Basic principles of rationing the water demand of agricultural landscapes/ Ryabtsev A.D., Kozykееva A.T., Kenenbaev T.S. i dr. // Water management of Kazakhstan, 2009. № 2. P. 3-12.

Criteria of authorship

Mustafaev Zh.S. carried out theoretical studies, on the basis of which he generalized and wrote the manuscript. He has a copyright on the article and is responsible for plagiarism.

The article was submitted to the editorial office 09.01.2023

Approved after reviewing 02.03.2023

Accepted for publication 10.04.2023