

УДК 911.52

В. А. Боков¹

О. Б. Яковлева²

Причинно-следственные отношения в процессах формирования увлажнения ландшафтных комплексов

¹ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Научно-образовательный центр ноосферологии и устойчивого ноосферного развития (структурное подразделение), г. Симферополь, Российская Федерация

e-mail: vbokov@mail.ru

²ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Таврическая академия (структурное подразделение), г. Симферополь, Российская Федерация

e-mail: artliberta@list.ru

Аннотация. Оценка увлажнения ландшафтных комплексов занимает важное место в географических исследованиях, поскольку вода является часто ограничивающим и даже критическим ресурсом, и увлажнение обычно рассматривается как важнейший фактор формирования различных сторон и свойств ландшафтных систем. Однако формирование уровня увлажнения связано не только с внешними по отношению к ландшафтным комплексам условиям (внешней средой), но и происходит в самих ландшафтных комплексах. Следовательно, причинно-следственные отношения в этих процессах имеют более многообразный характер, а само понятие увлажнения имеет разный смысл в зависимости от ракурса рассмотрения ландшафтно-геофизических взаимодействий. Выявление деталей пространственной дифференциации увлажнения особенно актуально в современных условиях изменения климата, к которым необходимо адаптировать формы человеческой деятельности.

Ключевые слова: ландшафтные комплексы, внешняя среда, водно-тепловой режим, увлажнение, показатели увлажнения, причинно-следственный анализ, типы объяснения.

Введение

Увлажнение ландшафтных комплексов (и шире — земель, территорий, местностей, почвы, климата) часто служит предметом научного анализа. Процессы, объекты и явления в ландшафтах сопоставляются с коэффициентами и индексами увлажнения, представляющими комбинацию двух–трех гидроклиматических показателей. Коэффициенты и индексы выполняют роль индикаторов, то есть в сокращенном виде отображают условия увлажнения. Если установление коэффициентов, отображающих условия увлажнения по совокупности процессов, происходящих в ландшафте, является прямой задачей, то расчет такого рода показателей для аналогичных ландшафтов позволяет решить обратную задачу: определить комплекс явлений и процессов, характерных для этих ландшафтов.

Однако корреляция коэффициентов увлажнения со свойствами ландшафтов и территориальным распространением ландшафтных комплексов колеблется в

широких пределах, что заставляет внимательнее изучить смыслы коэффициентов, связь их с различными внешними и внутренними условиями, структурой ландшафтов. Это позволяет более глубоко раскрыть структуру причинно-следственных отношений при формировании увлажнения ландшафтов, а также раскрыть смысл самого понятия. Это важно не только в теоретическом смысле, но и с точки зрения разнообразных видов практической деятельности: сельского хозяйства, рекреации, водного хозяйства, природоохранной деятельности. Распутывание причинно-следственных связей в ландшафтно-геофизических взаимодействиях позволяет выявить механизмы, позволяющие воздействовать на факторы и осуществлять управление ландшафтами, например при мелиоративных работах, улучшать экологическую ситуацию. Ставится задача воплотить события в ландшафтно-геофизических взаимодействиях в причинно-следственные схемы. Перечисленные вопросы особенно актуальны в условиях современного изменения климата, которое по-разному проявляется в локальных местоположениях, приобретая там особенно значительные масштабы.

Материалы и методы

Роль соотношения тепла и влаги в формировании зональных ландшафтов интересовала еще в середине XIX века К. С. Веселовского, а на рубеже XIX и XX веков В. В. Докучаева и Г. Н. Высоцкого [1; 2; 3]. Она легла в основу периодического закона географической зональности, сформулированного А. А. Григорьевым и М. И. Будыко [4]. Сходную связь природных сообществ с климатическими параметрами установил Л. Холдридж [5; 6]. Было предложено много других моделей связи пространственного распределения ландшафтов, почв и растительности с климатическими показателями [7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17]. Многочисленны работы, в которых рассматривается зависимость от увлажнения урожайности сельскохозяйственных культур [18; 19; 20].

Увлажнение как один из важнейших климатических параметров оценивается также в медицинской географии, медицинской экологии и рекреационной географии при расчетах комфортных погод, в ландшафтной архитектуре, строительной климатологии и городском хозяйстве (оценка увлажнения стен зданий, косые дожди) [21].

В качестве показателей, учитывающих энергетический (тепловой) уровень, обычно используются радиационный баланс (R), суммы температур выше 10°C , испаряемость (E^0) и др., в качестве показателей, учитывающих уровень влагообеспеченности, — компоненты водного баланса: атмосферные осадки (X), суммарное испарение (E), поверхностный и подземный сток. Наиболее часто используются такие показатели увлажнения, как коэффициент увлажнения Высоцкого-Иванова, радиационный индекс сухости Григорьева-Будыко (R/LX), гидротермический коэффициент Селянинова, отношение испарения к испаряемости и др.

А. М. Рябчиков (1972) предложил соотносить испаряемость не с осадками, а с валовым увлажнением, которое получается при вычитании из сумм осадков поверхностного стока, поскольку поверхностный сток по мнению этого автора не участвует в формировании увлажнения [10]. Большую популярность получил индекс влажности Торнтвейта [22]. Обзор способов расчета коэффициентов увлажнения и индексов аридности и гумидности дается в работах М. И. Будыко, С. С. Савиной, И. Блютгена, А. В. Гушли и В. С. Мезенцева [4; 23; 22; 24]. В

недавней публикации В. А. Бокова и В. О. Смирнова этот обзор продолжен [25]. Показано, что следует различать увлажнение как процесс поступления влаги в ландшафт и как состояние ландшафтного комплекса. Кроме того, выделено такое сопряженное процессам поступления влаги понятие как деувлажнение, под которым понимается процесс ухода части влаги из ландшафта (испарение, сток и др.). Также в этой работе показано, что у ландшафта нет центрального звена (элемента, объекта), по которому можно было бы определять увлажнение для всего комплекса в целом, ибо каждая составная часть ландшафта имеет свое увлажнение со своим характером формирования, своей спецификой процессов. Но об увлажнении ландшафта можно судить по характеру структуры водного и теплового балансов, поскольку она позволяет оценить обеспеченность влагой субъектов и объектов ландшафта. В связи с этим используемые показатели увлажнения, представляющие комбинации двух-трех климатических и гидрологических параметров, не могут адекватно характеризовать увлажнение ландшафта в обобщенном виде. Ниже в статье этот вопрос будет рассмотрен дополнительно.

Важно выяснить, об увлажнении каких объектов идет речь. Говорят не только об увлажнении ландшафтов, но также суши [26, с. 459; 27, с. 179] и территории [28]. Иногда объект увлажнения вообще не указывается [29, с. 544]. В Словаре общегеографических терминов [30, с. 90] упоминаются индексы аридности, сухости, засушливости Э. Мартона, Г. Ланга, В. Кеппена, К. Торнтвейта для оценки увлажнения почвы, климата, местности, земель. Перечисленные объекты (суша, территория, почва, местность, земли) имеют структуру, во многом сходную с ландшафтами. Так что анализ увлажнения ландшафтов будет во многом справедлив и по отношению и к этим объектам.

В исследованиях климатологов, физико-географов, лесоводов, биогеоценологов, почвоведов утверждается, что увлажнение, атмосферная циркуляция, радиационный режим и другие геофизические процессы и поля является фактором развития ландшафтов и их территориального распределения. Это, например, проявилось в формулировке А. А. Григорьевым и М. И. Будыко периодического закона географической зональности [4]. Однако перечисленные процессы не только воздействуют на ландшафты, но и формируются ими. Это противоречие возникает всякий раз, когда называют в качестве факторов тот или иной ландшафтный компонент или блок компонентов: почвы, микроклимат, рельеф, сток, растительность и др. В этих случаях возникает типичная для географии проблема круговой причинности, для решения которой необходимо разграничение пространственных и временных уровней, в пределах которых происходит формирование увлажнения или другой группы процессов. Тогда появляется скользящая лестница причин и следствий, реализуемая, в частности, в моделях самоорганизации.

Таким образом, выявляется определенная условность в использовании увлажнения в качестве фактора формирования ландшафта. Априори оно считается при этом неким внешним фактором, но это не точно, поскольку сам ландшафт принимает участие в формировании увлажнения. Необходимо более четко понять, что понимается под увлажнением ландшафта. Логично ли само это выражение?

Основная задача данной работы заключается в показе возможностей и ограничений причинно-следственного анализа при проведении ландшафтно-геофизических исследований. Выявлены группы показателей, которые логично

представлять в качестве причин формирования ландшафта, и группы показателей, которые видятся скорее следствием функционирования ландшафта. Однако такое разграничение не является строгим, поскольку имеет место переплетенность объектов и процессов как внутри каждого ландшафта, так и ландшафтов друг с другом. Отсюда можно сделать вывод о необходимости наряду с классическими типами объяснения, когда используют простое временное следование и простое пространственное совпадение явлений использовать структурное, функциональное и телеологическое виды объяснения.

В ходе работы проведен анализ структуры водного и теплового балансов ландшафтных комплексов в соотношении с их внешней средой. Построены графические схемы балансов влаги и тепла ландшафта. Для получения соотношения коэффициентов увлажнения с границами ландшафтных комплексов были рассчитаны коэффициенты корреляции изолиний коэффициентов увлажнения и границ графическим способом для ряда районов равнинных территорий Евразии, Северной Америки и Африки, и в более крупном масштабе для Южного Предуралья, левобережной Украины и равнинного Крыма. Для районов Крыма были использованы составленные в Научно-образовательном центре ноосферологии и устойчивого развития Крымского федерального университета карты составляющих теплового и водного баланса масштаба 1:400 000. Изучалось также положение ландшафтов в пространстве признаков – показателей водно-теплового режима. Часть этих исследований была опубликована в предыдущих работах [31].

Результаты и обсуждение

Соотношение внешних и внутренних факторов в формировании процессов влагообмена рассмотрим на примере рис. 1, который представляет собой скорректированный вариант рисунка из работы В. А. Бокова и В. О. Смирнова [25].

Сгруппируем эти показатели по характеру их соотношения с самим ландшафтом.

Потоки-входы (увлажнение как процесс) — вертикальные атмосферные осадки (X), адвективный приток влаги (A+), приток влаги в виде поверхностного стока с соседних территорий (Fr+), поступление влаги из горизонтов земной коры (Fs+) — поступают в разные части ландшафта и трансформируются в зависимости от свойств почвенного покрова, растительного покрова и всей совокупности процессов тепло- и влагообмена. Далее судьба этих трех составляющих зависит от целой совокупности свойств поверхности, градиентов температуры и влажности в воздухе и почве, скорости ветра и многого другого.

Другую группу показателей образуют показатели состояния ландшафтного комплекса: влагосодержание воздуха (Wa) и влагосодержание почвы (Ws). Они являются следствием многообразных процессов в ландшафтных комплексах, разыгрывающихся в их пространстве в результате взаимодействия входящих потоков тепла и влаги с почвами, растительным покровом, животным миром, водоемами и другими объектами.

Третью группу образуют потоки-выходы: As — влага, уходящая из ландшафта через верхнюю границу (включает различные виды испарения и др.), адвективный сток влаги (A-), поверхностный сток (Fr-), уход влаги в горизонты земной коры (Fs-). Последние были отнесены в цитированной работе к

деувлажнению, то есть к процессам, которые уменьшают уровень увлажнения в ландшафте, отражая процессы саморегулирования.

Аналогичные потоки можно выделить в процессах радиационного обмена и теплообмена, но в данной статье не демонстрируются в связи с ограниченным объемом статьи.

Соотношение между составляющими водного баланса ландшафтного комплекса и степенью обеспеченности влагой различных субъектов зависит во многом от его пространственно-временной структуры, характеристик растительного покрова, почв, рельефа, условий атмосферной циркуляции. Например, выпадающие атмосферные осадки делятся на земной поверхности на несколько основных составляющих водного баланса в зависимости от растительного покрова, подстилки, водно-физических свойств почвы, уклонов поверхности. Очень большое значение имеет интенсивность выпадения осадков. В этом клубке взаимосвязей выделить какие-либо простые причины практически невозможно, а выявление корреляционных зависимостей позволяет лишь обозначить общие контуры последующих рассуждений для выявления более тонких зависимостей и связей.

В последние десятилетия в ряде районов земного шара выявлено большое значение такой составляющей водного баланса как осадки, осаждающиеся на растительном покрове из туманов [32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40]. По расчетам и наблюдениям А. Ф. Полякова, в горных лесах Крыма за год на кронах деревьев осаждается около 300 мм (индекс A_d на рис. 1.) [35]. Близкую оценку для горных лесов Крыма дает И. П. Ведь [36]. По данным Ян-Карла Хауга и Роми Арнольда в облачном лесу Дофар (в Омане), дополнительный подкроновый приток воды колеблется в широких пределах: от 15 до 150% от суммы годовых осадков [40]. В другой работе, посвященной лесу Дофар, в дополнение к годовому количеству осадков около 100 миллиметров деревья получают больше воды непосредственно через перехват облачных капель [37]. Измеренный под кроной поток примерно вдвое превышает количество осадков, измеренных над пологом леса. Потоки воды по стеблю составляют около трети всей воды, получаемой почвой.

Также выдающееся значение процессы осаждения туманной влаги имеют для формирования лесного природного оазиса Фрая Хорхе в пустынном районе на севере Атакамы в Южной Америке [38]. Авторы цитируемой работы ставят вопрос о степени возможной устойчивости этой системы улавливания влаги из туманного воздуха в условиях изменения климата. Они оценили радиальный рост и укоренение деревьев вида *Aextoxicon punctatum* за последние два столетия и их связь с тенденциями изменения климата и полога леса. Такая оценка имеет решающее значение для понимания динамики этих полуаридных экосистем в ответ на изменение климата. Анализ колец деревьев для оценки периодов укоренения, возраста деревьев и тенденций роста дан в их связи с Южным колебанием Эль-Ниньо и осадками. Регенерация *A. punctatum* была чувствительной к различным структурам полога. Радиальный рост и формирование *A. punctatum* слабо коррелировали с осадками и динамикой Эль-Ниньо. Лесные участки постоянно обновлялись в течение как минимум 250 лет, несмотря на значительные колебания количества осадков, вызванные проявлениями Эль-Ниньо, и региональное сокращение количества осадков в течение прошлого столетия. Таким образом, роль осадков, связанных с туманом, имеет выдающееся значение, что говорит о необходимости сохранения структура леса для осаждения нужного количества влаги.

Приведенные примеры с ролью конденсационных осадков в виде намороси показывают, что в некоторых случаях вертикальные атмосферные осадки не имеют решающего значения в формировании увлажнения и лесного покрова. А в качестве причины формирования увлажнения и лесной растительности в условиях пустынь и полупустынь в таких случаях следует называть всю совокупность факторов, которая в каждом районе имеет свои особенности.

В связи со сказанным следует также остановиться на вопросе о локальном увлажнении (увлажнении локальных ландшафтных комплексов). Э. Г. Коломыц предлагает для этого использовать влажность почвы [41]. Конечно, этот показатель имеет очень важное значение, но он недостаточен. К нему также следует добавить влажность воздуха. Но для понимания генезиса процессов необходимо также по возможности раскрывать все потоки-входы (то есть $A+$, Ad , X , X_d , $Fp+$, $Fs+$, Ca , Cs на рис. 1) и все потоки-выходы (то есть $A-$, Ac , E_{ph} , E_t , E_s , $Fp-$ — на рис. 1.). Никакого одного коэффициента увлажнения при комбинации 2–3 показателей для раскрытия уровня увлажнения локального ландшафтного комплекса не может быть.

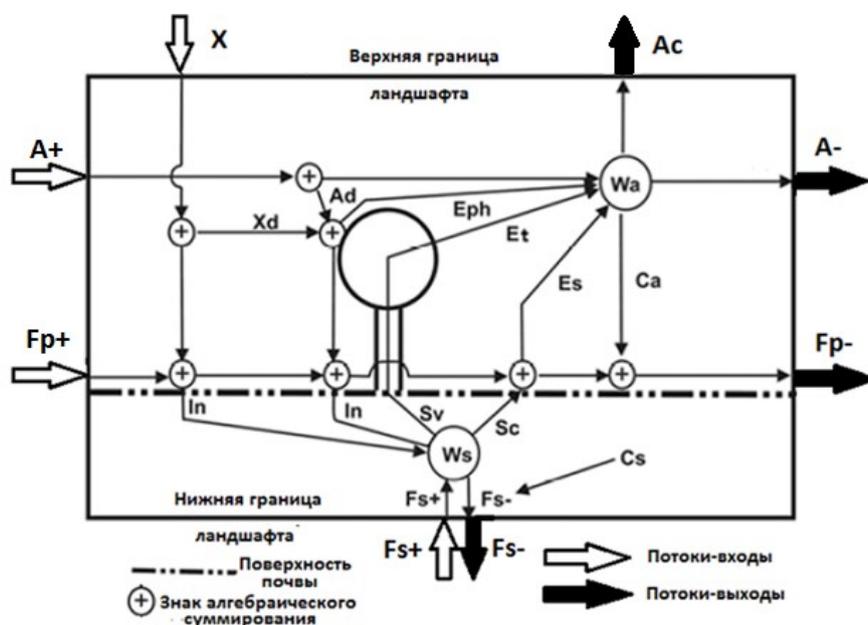


Рис. 1. Структура водного баланса ландшафта (за основу взят рисунок из работы В. А. Бокова и В. О. Смирнова «О смыслах способов увлажнения ландшафтов») [25]. $A+$ — адвекция влаги (поступление в ландшафт); $A-$ — адвекция влаги (уход из ландшафта); X — атмосферные осадки; X_d — атмосферные осадки, задержанные растительностью; Ad — адвективная влага, задержанная растительностью; Ac — влага, уходящая из ландшафта через верхнюю границу (включает различные виды испарения и др.); E_{ph} — физическое испарение с поверхности растений; E_t — транспирация влаги; E_s — физическое испарение с поверхности почвы; Sc — перенос влаги по почвенным капиллярам; Sv — перенос влаги по корневым системам; $Fp+$ — поверхностный сток; $Fs+$ — подземный сток/приток; In — инфильтрация воды в почву; Wa — влагосодержание воздуха; Ws — влагосодержание почвы; Ca — конденсация влаги в воздухе (переход воды из парообразного состояния в жидкое, капельное); Cs — конденсация влаги в пустотах горных пород.

Таким образом, потоки-входы создают предпосылки для формирования увлажнения в ландшафте. В этом случае как бы реализуется причинно-следственный анализ с отношениями простого временного следования, то есть имеет место событийная причинность — обусловленность одних событий другими во времени, когда событие—причина предшествует событию — следствию. Если же мы осредняем соотношение потоков—входов и состояний ландшафта на протяжении длительного промежутка времени (например, за много лет), то временное следование фактически исчезает, поскольку за этот период происходит осреднение множества входящих потоков и множества процессов внутри ландшафта и теряется последовательность «предшествующий процесс — причина — последующий процесс — следствие». То есть мы имеем дело уже с причинно-следственным анализом, когда имеют место отношения пространственного совпадения явлений. В рамках этой причинности события не следуют друг за другом во времени, а одновременны, и определяют друг друга пространственно.

Самые простые рассуждения наводят на мысль, что свойства ландшафта в большей степени связаны не с входящими потоками (которые в ландшафте значительно трансформируются), а с показателями состояния — влажностью почвы и воздуха. Но могут ли они считаться причинами свойств ландшафтных систем? Так говорить вряд ли правильно: ведь влажность воздуха и почвы формируется в самом ландшафте всей совокупностью процессов нем. Во взаимодействии всех составных частей ландшафта идут процессы с обратными связями. В этом случае причиной свойств ландшафта, в том числе влажности воздуха и почвы, является вся его структура. Тогда необходимо использовать структурный тип объяснения [42]. Д. Харвей подчеркивает, что ни одна каузальная структура не действует в некоторой области объективной реальности как исключительное правило [43]. Более правильным, по его мнению, использовать для каждого множества событий несколько каузальных (причинных) моделей, которые могут дополнять друг друга.

Из каких показателей (с точки зрения рассмотренной выше классификации) получаются известные коэффициенты увлажнения? Почти все известные коэффициенты увлажнения включают в себя показатели из разных групп, описанных выше. Логика не нарушается лишь у отношения испарения к испаряемости и отношения величин турбулентного обмена к суммам затрат тепла на испарение. Но оба названных показателя используются редко.

Возникает вопрос о том, насколько хорошо коррелируют рассмотренные показатели — внешние входы, показатели состояния, и потоки-выходы со свойствами ландшафтов. Поскольку типы и другие таксоны (классы, виды и т. д.) ландшафтов нельзя выстроить в единый количественный ряд для последующих расчетов степени корреляции с коэффициентами увлажнения, для выяснения поставленных вопросов было изучено соотношение изолиний коэффициентов увлажнения (радиационного индекса сухости, коэффициента Высоцкого—Иванова, гидротермического коэффициента Селянинова) и границ ландшафтных комплексов на уровне зон и подзон на территории равнинных частей Евразии, Северной Америки и северной части Африки. Используемые при расчетах коэффициентов увлажнения показатели определялись по Атласу теплового баланса земного шара, Атласу водного баланса земного шара, Агроклиматическому атласу мира, картосхем из монографий Ц.А. Швер и

З.И. Пивоваровой [44; 45; 46; 47; 48]. Для территорий левобережной Украины и Южного Приуралья использовались карты из региональных атласов. Для территории Крыма использовались карты 1:400 000. Вдоль границ зон через каждые 0,5 см снимались на основе интерполяции значения показателей, по которым рассчитывались коэффициенты и индексы увлажнения. Корреляции изолиний коэффициентов увлажнения и границ ландшафтных систем определялись графическим способом по углу пересечения изолиний [49; 50, с. 74]. Численное значение коэффициента корреляции равно косинусу угла пересечения изолиний и границ:

$$r = \cos a, \quad (1)$$

где r – численное значение коэффициента корреляции; a – угол пересечения изолиний и границ.

Коэффициент корреляции коэффициентов увлажнения и границ ландшафтных комплексов может быть определен не только в точках пересечений изолиний, а и в любой произвольно взятой точке. Для этого нужно провести прямые перпендикулярно изолиниям коэффициента и ландшафтной границы. Угол, образованный данными прямыми, дает графическое выражение тесноты их связи по величине косинуса угла. Но можно также использовать и графическую интерполяция для получения значений коэффициента корреляции в любой точке карты. Соединение равных значений коэффициентов позволяет построить карту статистической поверхности, которая показывает территориальные различия в тесноте связи.

Коэффициенты Торнтвейта, Капо-Рея, Мартонна, Ванга, Горчиньского, Тюрка, которые описываются в работе И. Блютгена [22, С. 190–195], не рассматривались из-за их эклектичности и слабого физического обоснования в отличие от описанных выше коэффициентов Высоцкого, радиационного индекса сухости и др., которые имеют ясную физическую интерпретацию.

Величина коэффициентов корреляции изолиний и коэффициентов увлажнения с линиями ландшафтных зон не очень значительна — чаще всего она находится в пределах 0,5–0,7 и значительно колеблется в пространстве. Не выявилось преимущество того или иного коэффициента увлажнения. Невысокие значения коэффициентов корреляции объясняются, во-первых, неточностью определения климатических показателей по редкой сети метеорологических станций при использовании большого количества допущений при проведении изолиний. Кроме того, используются значения климатических показателей, регистрируемых большей частью на высоте 2 м над уровнем земной поверхности, тогда как важнейшие процессы идут непосредственно на деятельной поверхности. Следует отметить и неудачное расположение большей части метеорологических станций: иногда в пределах застроенных территорий, а в лесной зоне на полянах, где тепло- и влагообмен значительно отличается от процессов, происходящих непосредственно на лесных участках.

Невысокая корреляция ландшафтных границ с показателями, рассчитанными по потокам-входом, вполне естественна, поскольку входящие в ландшафт потоки трансформируются в соответствии со структурой ландшафта: структура растительности, литология, формы рельефа, водно-физические свойства почв и др. то есть сами ландшафтные комплексы трансформируют

входящие потоки в соответствии с необходимостью достижения равновесия между объектами и субъектами в самом комплексе и между комплексом и окружающей средой. Например, на Крымских яйлах выпадает от 800 до 1 500 мм/год атмосферных осадков, из которых лишь 350–450 мм испаряется, при том, что величина испаряемости достигает там 700–800 мм/год. Остальная часть атмосферных осадков по карстовым полостям уходит в подземные горизонты.

Потоки, связанные с уходом влаги и тепла за пределы объекта (деувлажнение или отрицательное увлажнение) — испарение (разные виды), сток (разные виды) и др. — являются следствием процессов, происходящих в ландшафте. Для ландшафтов эти уходящие потоки выполняют функции регулирования в ландшафте: посредством них как бы сбрасываются излишки влаги, которые могут возникать при процессах избыточного поступления влаги потоками-входами. Такие сбросы влаги также не могут иметь очень высокую корреляцию с состоянием ландшафта.

Очевидно, при таком характере взаимодействий в ландшафтных системах при множестве взаимодействующих объектов и явлений коэффициенты корреляции, равные 0,5–0,7, достаточно типичны. В отдельных случаях и в отдельных ситуациях величина корреляции может повышаться, отображая возникающие локальные в пространстве и во времени более сильные связи.

Наилучшее пространственное соотношение следовало бы ожидать у границ ландшафтов с показателями состояния, то есть величинами температуры и влажности почвы и воздуха. Однако использование влажности почвы для оценки зональных ландшафтов затруднено из-за очень большой пространственной изменчивости этого показателя и практической невозможности построения изолиний. Удачным показателем являются суммы эффективных температур.

Более высокая корреляция наблюдается у показателей увлажнения с такими характеристиками ландшафтов как биопродуктивность, биомасса, содержание гумуса в почвенном покрове, мощность подстилки и др. Здесь установление схемы «увлажнение – фактор, а ландшафтная характеристика – следствие» оправдано в гораздо большем числе случаев. Это связано с тем, что климатические процессы более мобильны и изменчивы и в конкретных ландшафтных условиях они действительно выступают инициаторами и причинами изменений других компонентов ландшафта. Хотя при рассмотрении процессов в масштабе географической оболочки на протяжении крупных отрезков времени, климат формируется в не меньшей степени другими элементами географической оболочки, чем наоборот. Таким образом, модели, в которых увлажнение ландшафта рассматривается фактором формирования свойств ландшафтов, допустимы лишь в тех случаях, когда выявлены четкие пространственные и временные рамки рассмотрения, когда события, связанные с влагой, предшествуют во времени событиям, связанным с другими ландшафтными явлениями.

Разграничение увлажнения первого и второго типов и деувлажнения имеет важное значение, но в географии и экологии авторы обычно не различают их: в тех показателях увлажнения, которые обычно используются для оценки, как уже было показано выше, одновременно используются как входящие и выходящие из объекта потоки влаги и тепла, так и показатели состояния. В связи с этим расчет корреляционных связей такого рода необходим лишь для грубых оценок.

Выше уже говорилось, что потоки внешнего происхождения или потоки-входы частично зависят от ландшафта, то есть каждый поток внешнего происхождения может быть разложен на две составляющие: одна обусловлена внешними по отношению к ландшафту факторами (w), другая — местными (внутриландшафтными) условиями (L):

$$P = f_1(w) + f_2(L), \quad (2)$$

где P — поток внешнего происхождения; $f_1(w)$ — внешние по отношению к ландшафту условия; $f_2(L)$ — внутриландшафтные условия.

Эту ситуацию можно рассмотреть на ряде примеров. Например, выпадающие атмосферные осадки зависят прежде всего от характера воздушных масс на значительных пространствах вокруг ландшафта. Но сам ландшафт оказывает влияние на воздушные массы на определенном расстоянии. В работе В.К. Баскакова и В.А. Бокова проведен регрессионный анализ зависимости атмосферных осадков на территории Южного Урала (115 метеопунктов) от 9 факторов, в том числе высоты пунктов над уровнем моря, облесенности территории, глубинами местного базиса денудации, протяженностью овражно-балочной сети, возвышением над окружающей местностью, модулем склонового поднятия и др. [51]. Ряд этих факторов имеет площадной характер, и неизвестно в пределах какого радиуса вокруг пункта проявляется влияние фактора. Например, при расчетах средней высоты территории и модуля склонового поднятия возникает проблема выбора размеров осреднения высотных отметок. Выбор эффективного радиуса влияния окружающей территории производился путем перебора расчета коэффициентов корреляции данных факторов с величиной атмосферных осадков при разных радиусах. Наиболее эффективным оказался радиус, равный 6 км. Аналогичные результаты получены при расчетах регрессионного уравнения зависимости величин годовых сумм атмосферных осадков в Крыму от средней высоты территории (работа в полном объеме еще не завершена).

Понятно, что при очень маленьких размерах ландшафтного комплекса (типа парцеллы ландшафтной фации) его роль в формировании полей атмосферных осадков будет ничтожно мала. Но при увеличении размеров ландшафта его собственное влияние будет возрастать. Это хорошо проявляется на примере местного испарения в формировании сумм атмосферных осадков. Этот вопрос начал активно обсуждаться в конце сороковых — начале пятидесятих годов XX века в связи начавшимися в СССР работами по лесонасаждению, орошению и другим видам мелиораций. Активные дискуссии на эту тему описаны в монографиях О.А. Дроздова и А.С. Григорьевой и С.И. Жакова, хотя и в более поздние годы этот вопрос продолжал обсуждаться [52; 53]. Основной вывод заключался в том, что влияние местного испарения на осадки благодаря повышению относительной влажности воздуха велико прежде всего за счет стимулирующего влияния местного испарения в условия европейской территории России, которое, например, в условиях Нижнего Поволжья и Прикаспия может достигать в летнее время до 80% и более. У небольших ландшафтов, естественно, это влияние невелико, но ландшафтных зон и физико-географических стран оно очень значительно.

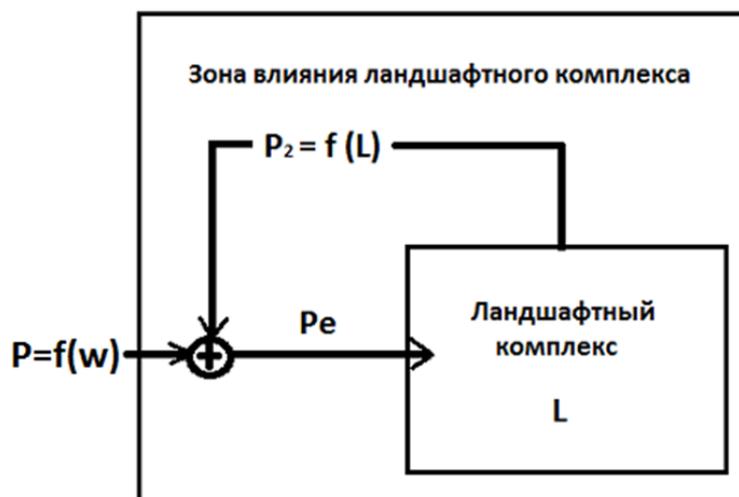


Рис. 2. Соотношение внешних и внутренних факторов в формировании ландшафтного комплекса

$P = f(W)$ – поток как функция внешних по отношению к ландшафту факторов;
 $P_2 = f(L)$ – воздействие, которое оказывает ландшафтный комплекс на внешний поток;
 P_e – скорректированное внешнее воздействие.

В этом взаимодействии нет реального разделения на причины и следствия. В том случае, когда нет возможности разграничения событий-причин и событий-следствий, необходимо использовать другие типы объяснений, опирающиеся не на классические сопоставления объектов, находящихся в отношениях событий «раньше–позже». Разнообразные типы объяснения в общенаучном аспекте описывает Е.П. Никитин, а применительно к географии — Д. Харвей [42; 43]. Особое место занимают объяснения, опирающиеся на самоорганизацию: ландшафт является сложной системой, в которой фактором развития выступает взаимодействие элементов [54; 55].

Выводы

Термин «увлажнение ландшафта» (или увлажнение составных частей ландшафта, например воздуха или почвы) имеет разные смысловые оттенки, которые следует уточнять при рассмотрении соотношения показателей увлажнения и различных ландшафтных характеристик. В литературе доминирует представление о том, что увлажнение является фактором развития ландшафтов и их территориального распределения. Однако разные виды увлажнения находятся с ландшафтом в разных причинно-следственных отношениях: 1 — увлажнение как фактор — ландшафт или его составные части как следствие (отношение временного следования или отношение пространственного совпадения); 2 — ландшафт как фактор — увлажнение как следствие (отношение временного следования или отношение пространственного совпадения); 3 — увлажнение функционирует в составе ландшафта как саморазвивающейся системы, имеющей определенный финал, который и выступает причиной (телеологическое объяснение); 4 — причиной формирования ландшафта выступает его внутренняя структура ландшафта и структура его отношений с окружающей средой.

У ландшафта нет некоего центра, нет главного компонента, относительно которого можно было бы производить расчет увлажнения в целом для комплекса. Для каждого субъекта в пределах ландшафта для оптимального развития требуется особая структура увлажнения, выражающаяся в определенном характере пространственной и временной реализации водного и теплового режима. Поэтому общий для разных ландшафтных явлений показатель увлажнения невозможен. Тем не менее, использование обобщенных показателей увлажнения (типа коэффициента Высоцкого или радиационного индекса сухости) имеет смысл: такие показатели выступают базовыми величинами для анализа более детальных смыслов и соотношений;

Для определения некоего оптимального увлажнения для ландшафта в целом необходима формулировка целевой функции ландшафта, учитывающей возможность одновременного выполнения им регулятивных экологических, хозяйственных и социальных функций.

Для оценок локальных коэффициентов увлажнения приходится использовать большее количество показателей водного и теплового балансов (что характерно для локальных участков с многочисленными вариациями рельефа, гидрогеологических условий, почвенного и растительного покрова). В связи с этим необходимо модель гиперпространства, по осям которого откладываются оценки показателей влаги и тепла.

Под увлажнением ландшафта следует понимать степень обеспеченности всех компонентов и частей ландшафта влагой, выражающуюся в сочетании тепла и влаги, влияющем на функционирование биоценозов (транспирация растений, фотосинтез, существование животных и др.), почвенного покрова, формирование определенного уровня устойчивости ландшафта и его ассимиляционной емкости. То есть уровень увлажнения ландшафта — это степень обеспеченности составных частей (элементов, процессов) ландшафта влагой, учитывающая не только уровень поступления воды в ландшафт и соотношение количества воды с энергетическим фоном и характером нахождения воды в объектах (структура почвы, ее влагоудерживающие свойства и др.), но и степень совпадения уровня влагосодержания с требованиями к влаге составных частей (субъектов) как в конкретные моменты времени, так и в среднем.

Литература

1. Веселовский К. С. О климате России. СПб: Издание и типография Императорской академии наук. 1857. 764 с.
2. Докучаев В. В. К учению о зонах природы: Горизонтальные и вертикальные почвенные зоны. СПб.: тип. СПб. Градоначальства. 1899. 28 с.
3. Высоцкий Г. Н. Об ороклиматических основах классификации почв // Почвоведение. 1906. № 1. С. 3–18.
4. Григорьев А. А., Будыко М. И. О периодическом законе географической зональности // Доклады АН СССР, т. 110 (1). С. 129–132.
5. Holdridge L. R. Determination of world plant formations from simple climatic data // Science. 1947. V. 105. P. 367–368.
6. Holdridge L. R. Life zone ecology. San Jose: Tropical Science Center, 1967. 206 p.

7. Troll C. Tatsachen und Gedanken zur Klimatypenlehre // Geographische Studien: Festschrift zur Vollendung des 65. Lebensjahres von Prof. Dr. Johann Sölch, überreicht von seinen Schülern, Freunden und Mitarbeitern. Wien, 1951. P. 184–202.
8. Волобуев В. Р. Почвы и климат. Баку: Изд-во АН Азербайджанской ССР, 1953. 323 с.
9. Будаговский А. И. Научные и практические аспекты изучения теплового и водного балансов сельскохозяйственных полей и леса // Тепловой баланс леса и поля. М.: Изд-во АН СССР. 1962. С. 7–24.
10. Рябчиков А. М. Структура и динамика геосферы; ее естественное развитие и изменение человеком. М.: Мысль. 1972. 242 с.
11. Виноградов Б. В. Развитие концепции опустынивания // Изв. РАН. Сер. геогр. 1997. № 5. С. 94–105.
12. Золотокрылин А. Н. Климатическое опустынивание. М.: Наука, 2003. 246 с.
13. Дьяконов К. Н., Авессаломова И. А., Харитонов Т. И. Зональные закономерности функционирования ландшафтов. В кн.: География, общество, окружающая среда. Том. 2. Функционирование и современное состояние ландшафтов. М.: Издательский дом Городец, 2004. С. 112–129.
14. Исаченко А. Г. Ландшафтная структура Земли, расселение, природопользование. СПб.: Издат. дом СПбГУ. 2008. 320 с.
15. Черенкова Е. А. Изменение увлажнения суббореальных равнинных ландшафтов России в XX и XXI веках. Автореф. дис. канд. геогр. н. М. 2009. 19 с.
16. Макунина Г. С. Геофизические системы ландшафтов // География и природ. Ресурсы, 2011. № 4. С. 5–11.
17. Макунина Г. С. Ландшафтно-геофизический базис геоэкологии // География и природные ресурсы. 2014 № 2 С. 5–10.
18. Селянинов Г. Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата // Мировой агроклиматический справочник. Л.: Гидрометеиздат. 1937. С. 5–27.
19. Полевой А. Н. Сельскохозяйственная метеорология. СПб.: Гидрометеиздат. 1992. 424 с.
20. Сиротенко О. Д. Основы сельскохозяйственной агрометеорологии. Т. II. Кн. I. Математические модели в агрометеорологии. Обнинск: ФГБУ ВНИИГМИ – МИД. 2012. 136 с.
21. Прохоров Б. Б. Прикладная антропоэкология. М.: Изд-во МНЭПУ. 1998. 313 с.
22. Блютген И. География климатов. / пер. А. С. Чаплыгина; ред. С. П. Хромов Т. 2. 1973.
23. Савина С. С. Гидрометеорологический показатель засухи и его распределение на территории СССР. М.: Изд-во АН СССР. 1963. 104 с.
24. Гушля А. В., Мезенцев В. С. Воднобалансовые исследования. Уч. пособие. Киев: Вища школа. 1982. 229 с.
25. Боков В. А., Смирнов В. О. О смыслах способов оценки увлажнения ландшафтов // Вестник Московского ун-та. Серия 5. География. 2019. № 1. С. 83–92.
26. Щукин И. С. Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии. М.: Советская энциклопедия, 1980. 704 с.
27. Гальцев А. П. Увлажнение суши // Краткая географическая энциклопедия. 1964. Т. 4. С. 179.
28. Реймерс Н. Ф. Природопользование. Словарь-справочник. М.: Мысль. 1990. 637 с.

29. Хромов С. П. Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеоиздат. 1973. 620 с.
30. Словарь общегеографических терминов / Под ред. Д. Стампа. М.: Прогресс. 1972. 408 с.
31. Боков В. А., Лычак А. И. Природные предпосылки формирования ландшафтно-экологических процессов. В кн. Трансформация ландшафтно-экологических процессов в Крыму в XX веке – начале XXI века. Симферополь: Доля. 2010. С. 36–67.
32. Azevedo J, Morgan DL.. Fog precipitation in coastal California forests. *Ecology* 1974. 55:1135–41.
33. Stanley Price, M. R., Al-Harthy, A. H. and Whitcombe, R.P., 1988, Fog Moisture and its Ecological Effects in Oman, In *Arid Lands: To-day and Tomorrow. Research and Development Conference, Tucson, Arizona, USA, October 1985: P. 69–88.*
34. Weathers KC, Lovett GM, Likens GE. 1995. Cloud deposition to a spruce forest edge. *Atmos Environ* 29:665–72.
35. Поляков А. Ф. Водорегулирующая роль горных лесов Карпат и Крыма и пути оптимизации при антропогенном воздействии. Симферополь. 2003. 220 с.
36. Ведь И. П. Климат и облесение Крымских нагорий. Симферополь: Таврический национальный ун-тет им. В.И. Вернадского. 2007. 136 с.
37. Hildebrandt, A. Using a horizontal precipitation model to investigate the role of turbulent cloud deposition in survival of a seasonal cloud forest in Dhofar / A. Hildebrandt, E.A.B. Eltahir // *J. Geophys. Res.* 2008. V. 113. – G04028.
38. Gutierrez A.G., Barbosa O., Duncan A. Christie D., Ek Del-Val. Regeneration patterns and persistence of the fog dependent Fray Jorge forest in semiarid Chile during the past two centuries // *Global Change Biology* 14(1):161–176 January 2008
39. Holly A. Ewing, Kathleen C. Weathers, Pamela, H. Templer, Todd, E. Dawson, Mary K. Firestone, Amanda M. Elliott, Vanessa K. S. Boukili. Fog Water and Ecosystem Function: Heterogeneity in a California Redwood Forest // *Ecosystems*, April 2009, Volume 12, Issue 3, P 417–433.
40. Haug J.-K., Arnold R. Getting to Know the Dhofar Cloud Forest [Электронный ресурс]., Режим доступа: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/getting-to-know-the-dhofar-cloud-forest/>, свободный. – дата обращения: 28.11.2019.
41. Коломыц Э. Г. Локальные коэффициенты увлажнения и их значение для экологических прогнозов // *Известия РАН. Сер. географическая.* 2010. № 5. С. 61–72.
42. Никитин Е. П. Наука. М.: Наука 1970. 280 с.
43. Харвей Д. Научное объяснение в географии. М.: Мир. 1974. 674 с.
44. Атлас мирового водного баланса: Карты (65 листов), 1974. Приложение к монографии Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. Под ред. В.И. Корзуна. Л.: Гидрометеоиздат. 1974. 639 с.
45. Атлас теплового баланса земного шара / Под ред. М. И. Будыко. М.. 1963.
46. Агроклиматический атлас мира / Под ред. И. А. Гольцберг. М., Л.: Гидрометеоиздат. 1972.
47. Швер Ц. А. Атмосферные осадки на территории СССР.
48. Пивоварова З. И. Радиационные характеристики климата СССР. Л.: Гидрометеоиздат. 1977. 336 с.
49. Червяков В. А. Концепция поля в современной картографии. Новосибирск: Наука. 1978. 149 с.

50. Голиков А. П., Черванев И. Г., Трофимов А. М. Математические методы в географии. Харьков: Изд-во «Вища школа». 1986. 144 с.
51. Баскаков В. К., Боков В. А. О применении регрессионного анализа к исследованию гидрометеорологических полей // Гидрометеорологический режим Южного Урала. Вып.9. Сборник научных работ. Челябинск: Челябинский гос. пед. ин-ут. 1976. С. 39–50.
52. Дроздов О. А., Григорьева А. С. Влагооборот в атмосфере. Л.: Гидрометеоздат. 1963. 434 с.
53. Жаков С. И. Происхождение осадков в теплое время года. Л.: Гидрометеоздат 1966. 252 с.
54. Арманд А. Д. Самоорганизация и саморегулирование географических систем. М.: Наука. 1988. 261 с.
55. Поздняков А. В. К теории спонтанной самоорганизации сложных структур // Самоорганизация и динамика геоморфосистем. Мат-лы XXVII Пленума Геоморфологической комиссии РАН. Томск, 25 августа – 2 сентября 2003 г. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН. 2003. С. 30–43.

V. A. Bokov¹
O. V. Yakovleva²

Causal relationships in the formation processes of humidification landscape complexes

¹V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Scientific and educational center of noospherology and research of noosphere development (structural unit), Simferopol, Russian Federation
e-mail: vbokov@mail.ru

²V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Tauride Academy (structural unit), Simferopol, Russian Federation
e-mail: artliberta@list.ru

Abstract. *Assessment of the humidification of landscape complexes take an important place in geographical research. Humidification is usually considered as the most important factor in the formation of various sides and properties of landscape systems, their territorial distribution. However, the formation of the level of humidification is associated not only with conditions external to the landscape complexes, but also take place in the landscape complexes themselves. The identification of the details of the spatial differentiation of humidification is especially relevant in modern conditions of climate change.*

Keywords: *landscape complexes, external environment, water-thermal regime, humidification, moisture indicators, cause-and-effect analysis, types of explanation.*

References

1. Veselovskij K. S. O klimate Rossii. SPb: Izdanie i tipografiya Imperatorskoj akademii nauk. 1857. 764 s. (in Russian)
2. Dokuchaev V. V. K ucheniyu o zonax prirody: Gorizontal'ny'e i vertikal'ny'e pochvenny'e zony. SPb.: tip. SPb. Gradonachal'stva. 1899. 28 s. (in Russian)
3. Vy'soczkij G. N. Ob oroklimaticeskix osnovax klassifikacii pochv // Pochvovedenie. 1906. № 1. S. 3–18. (in Russian)

4. Grigor'ev A. A., Budy'ko M. I. O periodicheskom zakone geograficheskoj zonal'nosti // Doklady' AN SSSR, t.110 (1). S. 129–132. (in Russian)
5. Holdridge L. R. Determination of world plant formations from simple climatic data // Science. 1947. V. 105. P. 367–368.
6. Holdridge L. R. Life zone ecology. San Jose: Tropical Science Center, 1967. 206 p.
7. Troll C. Tatsachen und Gedanken zur Klimatypenlehre // Geographische Studien: Festschrift zur Vollendung des 65. Lebensjahres von Prof. Dr. Johann Sölch, überreicht von seinen Schülern, Freunden und Mitarbeitern. Wien, 1951. R. 184–202.
8. Volobuev V.R. Pochvy' i klimat. Baku: Izd-vo AN Azerbajdzhanskoj SSR, 1953. 323 s. (in Russian)
9. Budagovskij A.I. Nauchny'e i prakticheskie aspekty' izucheniya teplovogo i vodnogo balansov sel'skoxozyajstvenny'x polej i lesa // Teplovoj balans lesa i polya. M.: Izd-vo AN SSSR. 1962. S. 7–24. (in Russian)
10. Ryabchikov A.M. Struktura i dinamika geosfery'; ee estestvennoe razvitie i izmenenie chelovekom. M.: My'sl'. 1972. 242 s. (in Russian)
11. Vinogradov B.V. Razvitie koncepcii opusty'nivaniya // Izv. RAN. Ser. geogr. 1997. № 5. S. 94–105. (in Russian)
12. Zolotokry'lin A.N. Klimaticheskoe opusty'nivanie. M.: Nauka, 2003. 246 s. (in Russian)
13. D'yakonov K.N., Avessalomova I.A., Xaritonova T.I. Zonal'ny'e zakonomernosti funkcionirovaniya landshaftov. V kn.: Geografiya, obshhestvo, okruzhayushhaya sreda. Tom.2. Funkcionirovanie i sovremennoe sostoyanie landshaftov. M.: Izdatel'skij dom Gorodecz, 2004. S. 112–129. (in Russian)
14. Isachenko A.G. Landshaftnaya struktura Zemli, rasselenie, prirodopol'zovanie. SPb.: Izdat. dom SPbGU. 2008. 320 s. (in Russian)
15. Cherenkova E.A. Izmenenie uvlazhneniya subboreal'ny'x ravninny'x landshaftov Rossii v XX i XXI vekax. Avtoref. dis. kand. geogr. n. M. 2009. 19 s. (in Russian)
16. Makunina G. S. Geofizicheskie sistemy' landshaftov // Geografiya i prirod. resursy'. 2011. № 4. S. 5–11. (in Russian)
17. Makunina G.S. Landshaftno-geofizicheskij bazis geoe'kologii // Geografiya i prirodny'e resursy'. 2014 № 2 S. 5–10. (in Russian)
18. Selyaninov G.T. Metodika sel'skoxozyajstvennoj xarakteristiki klimata // Mirovoj agroklimaticheskij spravochnik. L.: Gidrometeoizdat. 1937. S. 5–27. (in Russian)
19. Polevoj A.N. Sel'skoxozyajstvennaya meteorologiya. SPb.: Gidrometeoizdat. 1992. 424 s. (in Russian)
20. Sirotenko O.D. Osnovy' sel'skoxozyajstvennoj agrometeorologii. T. II. Kn. I. Matematicheskie modeli v agrometeorologii. Obninsk: FGBU VNIIGMI – MID. 2012. 136 s. (in Russian)
21. Proxorov B.B. Prikladnaya antropoe'kologiya. M.: Izd-vo MNE'PU. 1998. 313 s.
22. Blyutgen I. Geografiya klimatov. /I. Blyutgen ; per. A. S. Chaply'gina; red. S. P. Xromov T. 2. 1973. (in Russian)
23. Savina S.S. Gidrometeorologicheskij pokazatel' zasuxi i ego raspredelenie na territorii SSSR. M.: Izd-vo AN SSSR. 1963. 104 s. (in Russian)
24. Gushlya A. V., Mezencev V.S. Vodnobilansovy'e issledovaniya. Uch. posobie. Kiev: Vishha shkola. 1982. 229 s. (in Russian)
25. Bokov V. A., Smirnov V. O. O smy'slax sposobov ocenki uvlazhneniya landshaftov // Vestnik Mosovskogo un-ta. Seriya 5. Geografiya. 2019. № 1. S. 83–92. (in Russian)
26. Shhukin I.S. Chety'rex'`yazy'chny'j e'nciklopedicheskij slovar' terminov po fizicheskoj geografii. M.: Sovetskaya e'nciklopediya, 1980. 704 s. (in Russian)

27. Gal'cev A. P. Uvlazhnenie sushy // *Kratkaya geograficheskaya e`nciklopediya*. 1964. T. 4. S. 179. (in Russian)
28. Rejmers N. F. *Prirodopol`zovanie. Slovar`-spravochnik*. M.: My`sl`. 1990. 637 s. (in Russian)
29. Xromov S. P. *Meteorologicheskij slovar`*. L.: Gidrometeoizdat. 1973. 620 s. (in Russian)
30. *Slovar` obshhegeograficheskix terminov / Pod red. D. Stampa*. M.: Progress. 1972. 408 s. (in Russian)
31. Bokov V. A., Ly`chak A. I. *Prirodny`e predposy`lki formirovaniya landshaftno-e`kologicheskix processov. V kn. Transformaciya landshaftno-e`kologicheskix processov v Kry`mu v XX veke – nachale XXI veka*. Simferopol`: Dolya.2010. S. 36–67. (in Russian)
32. Azevedo J, Morgan DL.. Fog precipitation in coastal California forests. *Ecology* 1974. 55:1135–41.
33. Stanley Price, M.R., Al-Harthy, A.H. and Whitcombe, R.P., 1988, Fog Moisture and its Ecological Effects in Oman, In *Arid Lands: To-day and Tomorrow*. Research and Development Conference, Tucson, Arizona, USA, October 1985: P. 69–88.
34. Weathers KC, Lovett GM, Likens GE. 1995. Cloud deposition to a spruce forest edge. *Atmos Environ* 29:665–72.
35. Polyakov A. F. *Vodoreguliruyushhaya rol` gorny`x lesov Karpat i Kry`ma i puti optimizacii pri antropogennom vozdejstvii*. Simferopol`. 2003. 220 s. (in Russian)
36. Ved` I. P. *Klimat i oblesenie Kry`mskix nagorij*. Simferopol`: Tavricheskij nacional`ny`j un-tet im. V.I. Vernadskogo. 2007. 136 s. (in Russian)
37. Hildebrandt, A. Using a horizontal precipitation model to investigate the role of turbulent cloud deposi-tion in survival of a seasonal cloud forest in Dhofar / A. Hildebrandt, E.A. B. Eltahir // *J. Geophys. Res.* 2008. V. 113. – G04028. (in Russian)
38. Gutierrez A. G., Barbosa O., Duncan A. Christie D., Ek Del-Val. Regeneration patterns and persistence of the fog dependent Fray Jorge forest in semiarid Chile during the past two centuries // *Global Change Biology* 14(1):161–176 January 2008
39. Holly A. Ewing, Kathleen C. Weathers, Pamela, H. Templer, Todd, E. Dawson, Mary K. Firestone, Amanda M. Elliott, Vanessa K. S. Boukili. Fog Water and Ecosystem Function: Heterogeneity in a California Redwood Forest // *Ecosystems*, April 2009, Volume 12, Issue 3, P 417–433.
40. Haug J.-K., Arnold R. Getting to Know the Dhofar Cloud Forest URL: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/getting-to-know-the-dhofar-cloud-forest/>, svobodny`j. – (data obrashheniya: 28.11.2019).
41. Kolomy`cz E`. G. Lokal`ny`e koe`fficienty` uvlazhneniya i ix znachenie dlya e`kologicheskix prognozov // *Izvestiya RAN. Ser. geograficheskaya*. 2010. № 5. S. 61–72. (in Russian)
42. Nikitin E. P. *Nauka*. M.: Nauka 1970. 280 s. (in Russian)
43. Xarvej D. *Nauchnoe ob`yasnenie v geografii*. M.: Mir. 1974. 674 s. (in Russian)
44. *Atlas mirovogo vodnogo balansa: Karty` (65 listov)*, 1974. Prilozhenie k monografii *Mirovoj vodny`j balans i vodny`e resursy` Zemli*. Pod red.V.I.Korzuna. L.: Gidrometeoizdat. 1974. 639 s. (in Russian)
45. *Atlas teplovogo balansa zemnogo shara/ Pod red. M. I. Budy`ko*. M.. 1963. (in Russian)

46. Agroklimaticheskij atlas mira/Pod red. I. A. Gol'cberg. M.–L.: Gidro-meteoizdat. 1972. (in Russian)
47. Shver Cz. A. Atmosfery`e osadki na territorii SSSR. (in Russian)
48. Pivovarova Z. I. Radiacionny`e xarakteristiki klimata SSSR. L.: Gidrometeoizdat. 1977. 336 s. (in Russian)
49. Chervyakov V. A. Koncepciya polya v sovremennoj kartografii. Novosibirsk: Nauka. 1978. 149 s. (in Russian)
50. Golikov A. P., Chervanev I. G., Trofimov A. M. Matematicheskie metody` v geografii. Xar`kov: Izd-vo «Vishha shkola». 1986. 144 s. (in Russian)
51. Baskakov V. K., Bokov V. A. O primenenii regressionnogo analiza k issledovaniyu gidrometeorologicheskix polej // Gidrometeorologicheskij rezhim Yuzhnogo Urala. Vy`p.9. Sbornik nauchny`x rabot. Chelyabinsk: Chelyabinskij gos. ped. in-ut. 1976. S. 39–50. (in Russian)
52. Drozdov O. A., Grigor`eva A. S. Vлагооборот v atmosfere. L.: Gidrometeoizdat. 1963. 434 s. (in Russian)
53. Zhakov S. I. Proisxozhdenie osadkov v teploe vremya goda. L.: Gidrometeoizdat 1966. 252 s. (in Russian)
54. Armand A. D. Samoorganizaciya i samoregulirovanie geograficheskix sistem. M.: Nauka. 1988. 261 s. (in Russian)
55. Pozdnyakov A.V. K teorii spontannoj samoorganizacii slozhny`x struktur // Samoorganizaciya i dinamika geomorfosistem. Mat-ly` XXVII Plenuma Geomorfologicheskoy komissii RAN. Tomsk, 25 avgusta – 2 sentyabrya 2003 g. Tomsk: Izd-vo Instituta optiki atmosfery` SO RAN. 2003. S. 30–43. (in Russian)

Поступила в редакцию 31.01.2020 г.