

УДК 911.52

В.А. Боков¹, В.О. Смирнов²**О СМЫСЛАХ СПОСОБОВ ОЦЕНКИ УВЛАЖНЕНИЯ ЛАНДШАФТОВ**

Рассмотрены содержание и смысл способов оценки увлажнения ландшафтов. Для оценки увлажнения используются группы показателей, имеющие разный смысл: показатели поступления влаги в ландшафт, показатели обеспеченности влагой и величины потоков влаги, покидающих ландшафт. Каждая из групп показателей имеет особый характер связи со свойствами ландшафта. Показатели первой группы могут рассматриваться в качестве причин формирования и функционирования ландшафта. Вторые и третьи в большей степени являются следствием ландшафтных процессов.

Ключевые слова: коэффициенты и индексы увлажнения, аридность, гумидность, атмосферные осадки, суммы температур, радиационный баланс, испарение, испаряемость, влажность воздуха и почвы, субъект-объектные отношения, увлажнение-процесс, увлажнение-состояние, деувлажнение, базовая оценка увлажнения

Введение. В географии и смежных науках (геоэкологии, почвоведении, биогеоценологии, лесоведении и др.) уже более столетия рассматриваются вопросы соотношения увлажнения, сухости, аридности и гумидности с ландшафтными зонами, физико-географическими процессами, условиями произрастания сельскохозяйственных культур и жизни населения, различными видами хозяйственной деятельности.

Эти вопросы интересовали еще в середине XIX века К.С. Веселовского [1857], а несколько позже А.И. Воейкова [2012] и В.В. Докучаева [1948, с. 7]. Г.Н. Высоцкий [1906] в начале XX века предложил метод количественной оценки соотношения тепла и влаги через отношение годовых сумм атмосферных осадков и испаряемости. Аналогичную схему оценки предложил А. Пенк [1910], согласно которому аридный климат характеризуется превышением испаряемости над количеством осадков, а гумидный – превышением осадков над испаряемостью. Этот способ количественной оценки увлажнения оказался очень популярным и используется в многочисленных работах по сей день. Близкий смысл имеет способ оценки увлажнения через отношение годовой величины радиационного баланса к суммам затрат тепла на испарение выпадающих осадков, предложенный М.И. Будыко [1949].

Идея большой роли соотношения тепла и влаги в формировании зональных ландшафтов легла в основу периодического закона географической зональности, сформулированного А.А. Григорьевым и М.И. Будыко [1956]. Сходную связь природных сообществ с климатическими параметрами установил Л. Холдридж [1947, 1967]. Было предложено много других моделей связи пространственного распределения ландшафтов, почв и растительности с климатическими показателями [Troll, 1951; Волобуев, 1906; Будаговский, 1962; Рябчиков, 1972; Виног-

радов, 1997; Золотокрылин, 2003; Исаченко, 2008; Черенкова, 2009]. Многочисленны работы, в которых рассматривается зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от увлажнения [Селянинов, 1937].

Э.Г. Коломыц [2010] предложил схему расчета локальных коэффициентов увлажнения. 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) [Прохоров, 1998].

В качестве показателей, учитывающих энергетический (тепловой) уровень, обычно используются радиационный баланс (R), сумма температур выше 10°C, испаряемость (E0) 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 уже упоминавшийся коэффициент увлажнения Высоцкого, радиационный индекс сухости (R/LX) Григорьева и Будыко, 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. Большую популярность получил индекс влажности Торнтвейта [Блюттген, 1973].

Обзор способов расчета коэффициентов увлажнения и индексов аридности и гумидности дается в работах М.И. Будыко [1956], С.С. Савиной [1963], И. Блюттгена [1973], А.В. Гушли и В.С. Мезенцева [1982]. Важно выяснить, об увлажнении каких

¹ Научно-образовательный центр ноосферологии и устойчивого ноосферного развития Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, вед. науч. с., докт. геогр. н., профессор.; *e-mail:* vbokov@mail.ru

² Научно-образовательный центр ноосферологии и устойчивого ноосферного развития Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, ученый секретарь, канд. геогр. н.; *e-mail:* svo.84@mail.ru

объектов идет речь. Говорят не только об увлажнении ландшафтов, но также суши [Шукин, 1980, с. 459; Гальцев, 1964, с. 179] и территории [Реймерс, 1990]. Иногда объект увлажнения вообще не указывается [Хромов, 1973, с. 544]. В словаре общегеографических терминов [1972, с. 90] упоминаются индексы аридности, сухости, засушливости Э. Мартонна, 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 к этим объектам.

Основная задача работы заключается в анализе смыслов, которые присущи различным способам оценки увлажнения ландшафтных зон и отдельных составляющих ландшафтного комплекса. Произведено разделение двух основных видов увлажнения: как процесс поступления влаги в ландшафт и как состояние обеспеченности влагой ландшафта. Выявлены группы показателей, которые можно рассматривать в качестве причин формирования ландшафта, и группы показателей, которые являются следствием функционирования ландшафта. Такое разграничение представляет интерес с точки зрения эффективности мелиоративных работ.

Материал и методы исследований. Проанализировано несколько сотен работ по данной теме (в списке литературы приведено лишь 48 названий, поскольку размеры статьи ограничены принятыми в журнале правилами). На основе сравнения и логического анализа выявлены способы выбора коэффициентов увлажнения, наиболее эффективные с точки зрения установления видов увлажнения и оптимальных коэффициентов увлажнения. Использован пространственный анализ и произведена детализация водного баланса ландшафтного комплекса, что позволило более четко показать соотношение видов увлажнения и элементов ландшафтного комплекса в аспекте соотношения причин и следствий. Использован корреляционный анализ для установления степени связи увлажнения и ландшафтных характеристик.

Результаты исследований и их обсуждение. Термин «увлажнение» в словаре С.И. Ожгова [1973] связывается с поступлением влаги в объект: увлажнение – это производное от глагола «увлажнить» – делать влажным, влажнее. Приводится пример: «Дождь увлажнил землю». В специальной литературе чаще говорят об увлажнении как состоянии: высокое или низкое увлажнение соответствующего объекта или среды. Например, Н.М. Реймерс [1992] под увлажнением почвы понимает увеличение запасов влаги в почве, тогда как термин «влажность почвы» он связывает с содержанием влаги в почве. Таким образом, можно различать, по меньшей мере, два вида увлажнения: 1) увлажнение как поступление влаги в объект; 2) увлажнение как влагосодержание объекта. Это разъяснение имеет отношение к нашей теме, поскольку в географии и экологии ав-

торы часто употребляют термин увлажнение, не задумываясь над его смыслом.

Авторы [Боков, 2016] выявили многозначность понятия увлажнения ландшафтов, связанную с их полиструктурностью и многообразием субъект-объектных отношений. Задача данной статьи заключается в развитии положений, рассмотренных в этой работе: 1) многообразие объектов и субъектов как на уровне ландшафт – среда, так и внутри ландшафта определяет существование нескольких смыслов понятия «увлажнение»; 2) сложилось мнение, что увлажнение является фактором развития ландшафтов и их территориального распределения. Однако из-за многозначности понятия «увлажнение» – это представление требует уточнения; 3) для каждого субъекта требуется особый режим увлажнения, что делает использование одинаковых для них коэффициентов увлажнения нелогичным.

Представления об увлажнении, сухости, гумидности и аридности появились как результат наблюдений за состоянием растительности и животных, ощущениями и состоянием людей (жажда, дискомфорт или, наоборот, комфортное состояние), пересыханием рек или паводками, недостатком воды в домах, для промышленных предприятий и т. д. Например, аридные области характеризуются характерным набором ландшафтных процессов и явлений: отсутствием рек, засоленностью вод озер, специфическими формами рельефа, типами выветривания и рыхлых отложений, процессами эолового переноса и аккумуляции, характерными чертами вертикального почвенного профиля. Затем было понято, что оценка этих ситуаций зависит также от тепловых ресурсов. Далее стало ясно, что реакция организмов на увлажнение зависит также от плодородия почвы, химизма почвы (правило замещения).

Эти процессы, объекты и явления стали сопоставляться с коэффициентами и индексами, представляющими комбинацию двух-трех гидроклиматических показателей. С какой целью шел поиск коэффициентов увлажнения? Прежде всего, коэффициенты 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.

Важнейшее значение для оценки увлажнения имеет выбор гидроклиматических показателей. Рассмотрим структуру водного баланса ландшафта, однако не в традиционной форме, когда рассматривают водный баланс деятельной поверхности, а по отношению ко всему объему ландшафта. На рис. 1 показаны потоки влаги, входящие в ландшафт и выходящие из ландшафта, а также внутриландшафтные потоки и характеристики состояния. В самом ландшафте происходит трансформация входящих в него потоков влаги.

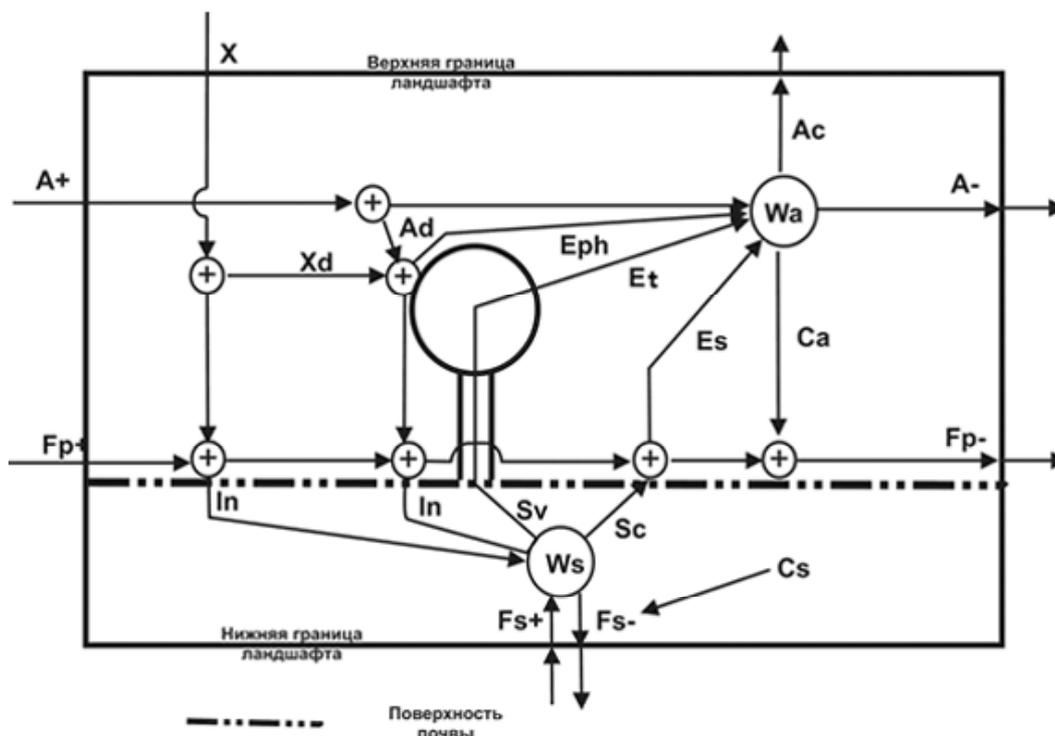


Рис. 1. Водный баланс ландшафта. Обозначения: A+ – адвекция влаги (поступление в ландшафт); A- – адвекция влаги (уход из ландшафта); X – атмосферные осадки; Xd – атмосферные осадки, задержанные растительностью; Ad – адвективная влага, задержанная растительностью; Ac – влага, уходящая из ландшафта через верхнюю границу (включает различные виды испарения и др.); Eph – физическое испарение с поверхности растений; Et – транспирация влаги; Es – 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

Fig. 1. Water balance of landscape: A+ – water advection (input into the landscape); A- – water advection (output from the landscape); X – precipitation; Xd – precipitation hold by vegetation; Ad – advective water hold by vegetation; Ac – water leaving the landscape at its upper limit (various types of evaporation, etc.); Eph – evaporation from the surface of plants; Et – water transpiration; Es – evaporation from the soil surface; Sc – water transfer by soil capillaries; Sv – water transfer by root systems; Fp+ – surface runoff; Fs+ – underground runoff (input/output); In – water filtration into soil; Wa – moisture content of the air; Ws – moisture content of the soil; Ca – water condensation in the air (transfer from vapor to liquid state); Cs – water condensation in rock cavities

Степень трансформации входящих потоков зависит от разнообразных ландшафтных характеристик: уклонов поверхности, характера подстилки, вертикальной ярусности растительности, механического состава и структуры почвенного покрова и др.

Кроме вертикальных атмосферных осадков (дождь, снег, град и др.) необходимо учитывать также горизонтальные атмосферные осадки в виде росы, инея, а также влагу, улавливаемую из насыщенного влагой воздуха кронами деревьев и кустарников. Эти формы влаги нередко играют решающую роль в снабжении водой аридных районов. Так, в некоторых районах пустыни Атакама дожди не выпадают на протяжении сотен лет. Тем не менее, там обитают растения и животные, имеются людские поселения, которые используют эти виды источников воды, а также воду подземных источников. На плато Дофар (Dhofar) в Омане, расположенном в зоне тропических пустынь, есть учас-

тки местности, где произрастают тропические леса, питающиеся влагой низких облаков и тумана. По расчетам и наблюдениям А.Ф. Полякова [2003], в горных лесах Крыма за год на кронах деревьев осаждается около 300 мм (индекс Ad на рис. 1). Близкую оценку дает И.П. Ведр [2007].

Потоки влаги извне в ландшафт поступают также в виде подземного и поверхностного стока: склоновые потоки в ландшафтах локального уровня, русловые потоки в ландшафтах регионального уровня и др. Соответственно ландшафты могут и терять влагу таким же образом.

Еще одним источником влаги является конденсация в трещинах и пустотах горных пород. В Горном Крыму, например, конденсационная влага составляет от 7 до 14% годовой суммы атмосферных осадков [Подгородецкий, 1988, с. 90]. Эта влага служит важным источником пополнения речных ресурсов, особенно в летний период.

На рис. 1 не отображены некоторые другие составляющие водного баланса ландшафта, например процессы привноса и уноса снега при метелях (они очень индивидуальны для каждого участка), поступления из земных недр (они невелики в годовом исчислении, но значительны в геологическом масштабе времени).

Такая детализация составляющих водного баланса проводится в ограниченных случаях при специализированных исследованиях. Соотношение между рассмотренными величинами в разных ландшафтах (в том числе в связи с дифференциацией в мезоформах рельефа) весьма сильно различается. При этом каждый источник влаги выполняет свои функции, влияя на те или иные компоненты ландшафта. Из-за многообразия форм влаги, присутствующей в ландшафте, отображение уровня увлажнения с помощью двух-трех показателей не может быть достаточно точным.

В связи с ограниченностью объема статьи здесь не показывается структура теплового баланса ландшафтного комплекса – другой важной составляющей части оценки увлажнения. Характер прихода потоков тепла, их преобразования в ландшафте и ухода из ландшафта также имеет сложную структуру, которая не полностью отображается в уравнении теплового баланса подстилающей поверхности. Это показано в работе В.О. Смирнова [2004].

Таким образом, следует различать несколько типов увлажнения (рис. 2). Увлажнение первого типа представляет собой процесс поступления влаги в объект, ведущий к повышению влагосодержания: атмосферные осадки, влага, поступающая в ландшафт в виде поверхностного стока или подземным путем. Поступление тепла – это суммарная радиация, радиационный баланс, адвективный приток тепла. Увлажнение второго типа – это увлажнение-со-

стояние, характеризующее влагообеспеченность объекта через влажность воздуха и почвы. Для оценки влагообеспеченности необходимо также учитывать температуру воздуха и почвы, в том числе сумму температур и др. Можно также говорить о температуре и влажности коры выветривания и горных пород, но в ландшафтной географии эти показатели обычно не анализируются. Для оценки увлажнения территории, с точки зрения развития городских ландшафтов, имеет смысл учитывать также количество воды в поверхностных и подземных водотоках и водоемах.

Увлажнение первого типа (входящие потоки влаги) создают предпосылки для увлажнения второго типа (показатели состояния). Соотношение между ними зависит от состава и структуры ландшафта, которые определяют характер преобразования входящих потоков. Например, на Крымских яйлах выпадает от 800 до 1500 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, разгружается в других ландшафтах, пополняя речные воды.

Есть также группа показателей, связанных с уходом влаги и тепла за пределы объекта: испарение (разные виды), сток (разные виды), адвективный отток тепла (рис. 2). К этой же группе можно отнести испаряемость. Эти потоки являются следствием процессов, происходящих в ландшафте. Для рассматриваемого ландшафта эти уходящие потоки выполняют функции регулирования в ландшафте: посредством них как бы сбрасываются излишки влаги. Совокупность этих процессов можно назвать деувлажнением или отрицательным увлажнением.

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 увлажнения, одновременно используются как входящие и выходящие из объекта потоки влаги и тепла, так и показатели состояния.

При анализе увлажнения необходимо ответить не только на вопрос «увлажнение чего», но и на вопрос «увлажнение для чего/кого», что требует выделения субъектов оценки. Этот вопрос имеет важное значение в раскрытии сущности оценки процессов увлажнения, выявлении причинно-следственных отношений. Можно выделить следующие основные группы субъектов: растения и животные (в том числе сельскохозяйственные), человек и социумы, ландшафты (близкий смысл имеют местности, территории и земли), типы хозяйственной деятельности. В этом перечне присутствует ландшафт, который до этого рассматривался в качестве объекта увлаж-

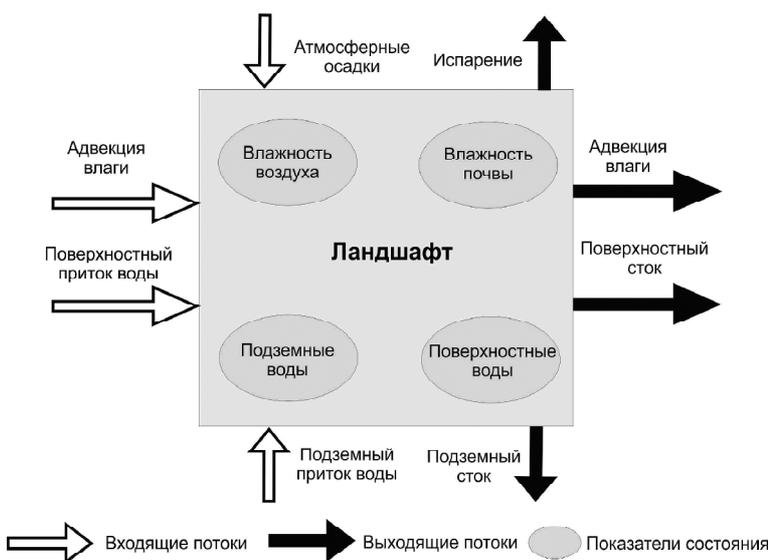


Рис. 2. Три вида показателей увлажнения: входящие потоки, показатели состояния, выходящие потоки

Fig. 2. Three types of moistening indicators: inflows, indicators of state, outflows

нения. Это не должно удивлять, поскольку в сложных эколого-географических системах практически все их составляющие могут рассматриваться и как объекты и как субъекты в зависимости от ракурса рассмотрения.

Каждый субъект по-разному реагирует на показатели увлажнения. Для каждого субъекта требуется особый комплекс условий увлажнения с учетом суточных и внутригодовых колебаний климатических характеристик. А у растений требования к влаге различаются в зависимости от фаз вегетации. В принципе, возможности для совершенствования коэффициентов увлажнения практически безграничны: если быть точным, то следует учитывать ежедневные и даже ежечасные величины гидрометеорологических показателей, поскольку процессы в ландшафте идут непрерывно. В частности, большое значение имеет характер выпадения атмосферных осадков: морозящие осадки в летнее время в большой мере задерживаются растительным покровом и не достигают почвы, а ливневые осадки, не успевая просочиться в почву, формируют поверхностный сток.

Анализ условий увлажнения для растений и животных, особенно сельскохозяйственных, широко практикуется в многочисленных исследованиях. Эти субъекты характеризуются количественными показателями (урожайность, биомасса, продуктивность и др.), что облегчает нахождение корреляций с коэффициентами увлажнения, построение количественных моделей [Будаговский, 1972; Полевой, 1992; Муромцев, 2011]. Также отчетливыми количественными показателями характеризуются такие субъекты, как человек (и социумы) и виды хозяйственной деятельности [Сеянинов, 1937; Сиротенко, 2012].

Есть ли смысл рассматривать ландшафты в качестве субъектов в системе отношений ландшафт–увлажнение? Представление об увлажнении как факторе прочно вошло в географическую литературу. Однако требуется произвести уточнение. Увлажнение первого типа (по входящим потокам) может рассматриваться в качестве фактора ландшафтных процессов, поскольку входящие потоки поступают в ландшафт извне. К тому же их фиксация может быть организована так, чтобы их величины могли рассматриваться как предшествующие анализируемым состояниям ландшафтных комплексов. Такая схема причинно-следственных отношений принята в классической науке (причина отделена от следствия и предшествует ему во времени) и широко распространена в географии. Это один из видов генетического объяснения, при котором прослеживается генетическое порождение одного явления другим. Но воздействие входящих потоков на ландшафтные явления и процессы опосредуется структурой ландшафта, трансформацией в его пределах. В результате корреляция между ними и показателями состояния размывается. Важно также подчеркнуть, что действительность еще сложнее: ландшафты оказывают некоторое влияние на внешние потоки. Например, хорошо известна зависимость величины атмос-

ферных осадков от таких характеристик ландшафта, как высота над уровнем моря, облесенность, расчлененность, полевая защита, орошение и др. [Дроздов, 1963]. То есть, сам ландшафт воздействует на свое окружение, отчего выпадение осадков частично зависит от характеристик самого ландшафта.

Соотношение двух других групп показателей (увлажнение второго типа и деувлажнение) с ландшафтными процессами и явлениями носит другой характер, и увлажнение не может рассматриваться причиной. Увлажнение второго типа формируется в самом ландшафте, связано с его структурой и организацией, характером горных пород, рельефа и почвенно-растительного покрова. То есть, влаго- и теплосодержание ландшафта (определяемое по температуре и влажности воздуха и почвы или по наличию водоемов в пределах ландшафта) настолько же влияют на ландшафтные явления, насколько и испытывают обратное влияние. А говорить о том, что влаго- и теплосодержание ландшафта влияют на ландшафт в целом – это говорить примерно то же самое, что на человека воздействует его кровеносная система. Конечно, такие выражения употребляются, но все понимают их условность.

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 [1970], а применительно к географии – Д. Харвей [1974]. Особое место занимают объяснения, опирающиеся на самоорганизацию: ландшафт является сложной системой, в которой фактором развития выступает взаимодействие элементов [Арманд, 2003, Поздняков, 2003]. Самоорганизация – это процесс упорядочения элементов одного уровня в системе за счет внутренних факторов без внешнего специфического воздействия. Необходимо искать в системе взаимодействующих элементов тот финал или аттрактор, который вытекает из структуры этого взаимодействия. Примером самоорганизации являются сукцессионные смены растительных сообществ, которые приводят к восстановлению нарушенного состояния, движение к климаксовому состоянию (движение к аттрактору – климаксу), формирование продольных профилей русел рек и профилей склонов. Нередко в ходе сукцессионных смен происходят процессы мезофитизации экологических условий степи.

Увлажнение третьего типа – потоки влаги и тепла из ландшафта (деувлажнение) являются следствием процессов, происходящих в нем, то есть в этом случае ландшафт является причиной, а испарение, испаряемость, сток и т. д. являются следствием.

Гораздо проще выстраивать причинно-следственные объяснения при рассмотрении отдельных составных частей ландшафтных процессов: биопро-

дуктивности, биомассы, скорости денудации, почвообразования и др. Здесь установление схемы «увлажнение как фактор, а ландшафтный процесс – следствие» оправдано в гораздо большем числе случаев. Это связано с тем, что климатические процессы (явления) 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 ограниченных случаях, когда выявлены четкие пространственные и временные рамки рассмотрения, когда события, связанные с влагой, предшествуют во времени событиям, связанным с другими ландшафтными явлениями.

Необходимо ответить еще на один вопрос: каковы способы определения наиболее совершенного показателя увлажнения, как определить наиболее благоприятное увлажнение? Применительно к конкретным процессам, которые описываются количественными показателями, позволяющими выстроить каждый процесс в один ряд (биопродуктивность, почвообразование, денудация и др.), этот вопрос решается путем сопоставления количественных характеристик процессов с коэффициентами увлажнения или с помощью более сложных моделей. Из разных вариантов коэффициентов и моделей выбираются те, которые лучше всего коррелируют с количественными значениями процессов [Муромцев, 2011]. Соответственно находятся значения коэффициентов, которые соответствуют максимальным величинам процессов.

Применительно к ландшафтам, например, к ландшафтными зонам, такой подход не может быть использован. Почему? Потому что ландшафты нельзя выстроить в основной количественный ряд, который можно было бы сопоставить с величинами того или иного коэффициента увлажнения. Соответственно, нельзя и выбрать оптимум увлажнения. Однако по отношению к ландшафтам были попытки определения оптимума увлажнения. Вспомним дискуссию о географических процессах, развернувшуюся в 40–50-е годы XX столетия. А.А. Григорьев и М.И. Будыко [1956] предложили показатель (радиационный индекс сухости), который, по их мнению, наиболее удачно характеризует увлажнение – соотношение радиационного баланса и сумм тепла, необходимого для испарения выпадающих осадков. Поэтому в зонах с показателем радиационного индекса сухости, равном единице, по их мнению, наблюдается наибольшее разнообразие физико-географических процессов в каждом тепловом поясе. В этих районах комплексная или интегральная интенсивность физико-географических процессов наиболее значи-

тельна. Тем самым это увлажнение (при одинаковом уровне теплообеспеченности) должно быть признано оптимальным. Идея А.А. Григорьева [1948] и М.И. Будыко [1949] о количественной оценке интенсивности физико-географического процесса вызвала возражения со стороны Д.Л. Арманда [1949]. По Д.Л. Арманду, можно было бы говорить об интенсивности интегрального физико-географического процесса в случае, если бы интенсивность всех его составляющих увеличивалась или уменьшалась одновременно. В действительности же в природе такое не наблюдается. Так, в тропических пустынях биологические процессы подавлены, а эоловые протекают весьма интенсивно; в умеренном и экваториальном поясах интенсивность биологических процессов находится в обратной связи с денудацией. Гидрологические процессы наиболее активно протекают в районах, где радиационный индекс сухости меньше единицы. «Решительно невозможно подобрать единицу для измерения интенсивности комплексного процесса, потому что каждая из его составляющих измеряется в единицах другой размерности», подчеркивает автор [1949].

Как показывают современные разработки в области ландшафтной экологии, болотные ландшафты, нередко в прошлом считавшиеся неблагоприятными и требующими мелиорации, в действительности выполняют в экосфере важнейшие функции биогеохимического и гидрологического регулирования и сохранения биоразнообразия. Таким образом, каждая экосистема, каждый ландшафт и ландшафтная зона представляют собой особую ценность. И их нельзя выстроить в ряд от худших к лучшим или наоборот.

Поскольку у каждого процесса или явления в ландшафте существует свое отношение к показателям увлажнения, невозможно подобрать единицу измерения увлажнения ландшафта. У ландшафтов нет такого показателя, который бы позволял выстраивать их в один ряд для количественного сопоставления с показателями увлажнения. Различные характеристики ландшафтов, такие как биомасса, содержание гумуса в почве, мощность почвы, показатели процессов выветривания, морфоскульптуры рельефа, минерализация, речной сток, характер выветривания, интенсивность эрозионных процессов и многие другие, не имеют четкой корреляции между собой. Каждый из этих показателей ландшафта имеет особый характер связи с показателями увлажнения.

Попытаемся ответить на вопрос – можно ли говорить о таком увлажнении ландшафта, которое можно было бы назвать оптимальным в целом для всех субъектов, находящихся в пределах ландшафта и в той или иной мере нуждающихся во влаге? Поскольку у каждого субъекта свои требования к характеристикам увлажнения, достичь оптимальной ситуации для каждого из них невозможно. Однако следует говорить о необходимости поиска такого сочетания форм влаги в ландшафте (в том числе во

времени), который бы позволял добиться обеспечения наилучшей целевой функции. Для поиска лучшей комбинации составляющих увлажнения (рис. 1) должна решаться многокритериальная задача. Нужно искать компромиссное решение, учитывающее важность каждой целевой функции. При этом нужно понимать, что целевая функция ландшафта не должна противоречить целевой функции более крупных геосистем, в том числе граничным условиям на глобальном уровне.

Последняя в каждом районе и на каждом участке различна. Она может быть ориентирована на сохранение ландшафтного разнообразия, получение определенной биологической продукции (как на сельскохозяйственных полях, так и в природных ландшафтах), формирование определенного уровня речного стока (годовой расход, обеспеченность и т. д.) и качества водных экосистем, некоторого требуемого объема, переносимого твердого минерального вещества и химических элементов и на другие цели.

Оптимум использования воды (влаги) достигается путем ее распределения между субъектами таким образом, чтобы добиться оптимального функционирования, например, по принципу многокритериальной оптимизации В. Парето.

Несмотря на то, что коэффициенты, рассчитываемые по двум-трем показателям, не могут отобразить все многообразие условий увлажнения, тем более при наличии многочисленных субъектов, они выполняют необходимые функции примерной оценки: своего рода первичной реперной основы для выбора следующих шагов по пути распутывания сложных причинно-следственных отношений в ландшафте. Такая оценка увлажнения может быть названа базовой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Арманд А.Д. Самоорганизация и геосистемы // Самоорганизация и динамика геоморфосистем. Мат-лы XXVII Пленума Геоморфологической комиссии РАН. Томск, 25 августа – 2 сентября 2003 г. Томск: Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2003. С. 24–30.

Арманд Д.Л. О статье М.И. Будыко «К теории интенсивности физико-географического процесса» // Вопросы географии. 1949. № 15. С. 46–52.

Боков В.А., Смирнов В.О. Проблемы оценки увлажнения ландшафтов // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2016. Т. 12. № 1. С. 35–55.

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.

Будыко М.И. К теории интенсивности физико-географического процесса // Вопросы географии. М.: Географгиз, 1949. Вып. 15. С. 25–45.

Будыко М.И. Тепловой баланс земной поверхности. Л.: Гидрометеиздат, 1956. 234 с.

Блюттген И. География климатов. М.: Прогресс, 1973. Т. 2. 402 с.

Варлыгин Д.Л., Базилевич Н.И. Связи продукции зональных растительных формаций Мира с некоторыми параметрами климата // Изв. РАН. Сер. геогр. 1992. № 1. С. 23–32.

Выводы:

– термин «увлажнение ландшафта» (или отдельной составной части ландшафта) 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 как следствие (причинное объяснение); 2 – ландшафт как фактор – увлажнение как следствие (причинное объяснение); 3 – увлажнение функционирует в составе ландшафта как саморазвивающейся системы, имеющей определенный финал, который и выступает причиной (телеологическое объяснение);

– для каждого субъекта в пределах ландшафта для оптимального развития требуется особая структура увлажнения, выражающаяся в определенном характере водного и теплового режима и его временной реализации. 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.

Ведь И.П. Климат и облесение Крымских нагорий. Симферополь: Таврический национальный ун-тет им. В.И. Вернадского, 2007. 136 с.

Веселовский К.С. О климате России. СПб: Издание и типография Императорской академии наук, 1857. 764 с.

Виноградов Б.В. Развитие концепции опустынивания // Изв. РАН. Сер. геогр. 1997. № 5. С. 94 – 105.

Войков А.И. Климаты земного шара, в особенности России. М.: Книга по требованию, 2012. 672 с.

Волубуев В.Р. Почвы и климат. Баку: Изд-во АН Азербайджанской ССР, 1953. 323 с.

Высоцкий Г.Н. Об ороклиматических основах классификации почв // Почвоведение. 1906. № 1. С. 3–18.

Гальцев А.П. Увлажнение суши // Краткая географическая энциклопедия. 1964. Т. 4. С. 179.

Григорьев А.А. Основы теории физико-географического процесса // Тр. Второго Всесоюзного географического съезда. 1948. Т. 1. С. 249–257.

Григорьев А.А., Будыко М.И. О периодическом законе географической зональности // Доклады АН СССР. 1956. Т. 110(1). С. 129 – 132.

Гушля А.В., Мезенцев В.С. Воднобалансовые исследования. Уч. пособие. Киев: Вища школа, 1982. 229 с.

Докучаев В.В. Учение о зонах природы. М.: Географгиз, 1948. 64 с.

- Дроздов О.А., Григорьева А.С.* Влагооборот в атмосфере. Л.: Гидрометеоздат, 1963. 316 с.
- Золотокрылин А.Н.* Климатическое опустынивание. М.: Наука, 2003. 246 с.
- Исаченко А.Г.* Ландшафтная структура Земли, расселение, природопользование. СПб.: Изд. дом СПбГУ, 2008. 320 с.
- Коломыц Э.Г.* Локальные коэффициенты увлажнения и их значение для экологических прогнозов // Известия РАН. Сер. Географическая. 2010. № 5. С. 61–72.
- Муромцев Н.А.* Оценка влагообеспеченности растений // Бюлл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 2011. Вып. 67. С. 20–31.
- Никитин Е.П.* Объяснение – функция науки. М.: Наука, 1970. 280 с.
- Ожегов С.И.* Словарь русского языка. М.: Советская энциклопедия, 1973. 848 с.
- Подгородецкий П.Д.* Крым: природа. Справочное издание. Симферополь: Таврия, 1988. 192 с.
- 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.
- Полевой А.Н.* Сельскохозяйственная метеорология. СПб.: Гидрометеоздат, 1992. 424 с.
- Поляков А.Ф.* Водорегулирующая роль горных лесов Карпат и Крыма и пути оптимизации при антропогенном воздействии. Симферополь, 2003. 220 с.
- Прохоров Б.Б.* Прикладная антропоэкология. М.: Изд-во МНЭПУ, 1998. 313 с.
- Реймерс Н.Ф.* Природопользование. Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.
- Рябчиков А.М.* Структура и динамика геосферы; ее естественное развитие и изменение человеком. М.: Мысль, 1972. 242 с.
- Савина С.С.* Гидрометеорологический показатель засухи и его распределение на территории СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 104 с.
- Селянинов Г.Т.* Методика сельскохозяйственной характеристики климата // Мировой агроклиматический справочник. Л.: Гидрометеоздат, 1937. С. 5–27.
- Сиротенко О.Д.* Основы сельскохозяйственной агрометеорологии. Т. II. Кн. I. Математические модели в агрометеорологии. Обнинск: ФГБУ ВНИИГМИ – МИД, 2012. 136 с.
- Словарь общегеографических терминов / Под ред. Д. Стампа. М.: Прогресс, 1972. 408 с.*
- Смирнов В.О.* Радиационный, тепловой и водный баланс лесных экосистем Крыма // Геополитические и географические проблемы Крыма в многовекторном измерении Украины. Мат-лы международной научной конференции, посвященной 70-летию географического факультета. Симферополь: ТНУ, 2004. С. 258–260.
- Харвей Д.* Научное объяснение в географии. М.: Мир, 1974. 674 с.
- Хромов С.П.* Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеоздат, 1973. 620 с.
- Черенкова Е.А.* Изменение увлажнения суббореальных равнинных ландшафтов России в XX и XXI веках. Автореф. ... дис. канд. геогр. н. М., 2009. 19 с.
- Шашко Д.К.* Агроклиматические ресурсы СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 249 с.
- Щукин И.С.* Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии. М.: Советская энциклопедия, 1980. 704 с.
- Penck A.* Versuch einer Klimaklassifikation auf physigraphischer Grundlage // Sitz.-Ber. Kgl. Preuss. Akad. Wiss. Phys.-math. Kl. 1910. V. 12. P. 236–246.
- Holdridge L.R.* Determination of world plant formations from simple climatic data // Science. 1947. V. 105. P. 367–368.
- Holdridge Leslie R.* Life zone ecology. San Jose: Tropical Science Center, 1967. 206 p.
- 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.

Поступила в редакцию 22.06.2017

После доработки 14.08.2018

Принята к публикации 08.10.2018

V.A. Bokov¹, V.O. Smirnov²

ON THE SCOPE OF METHODS FOR THE ASSESSMENT OF LANDSCAPES HUMIDIFICATION ASSESSMENT

The content and scope of methods for the assessment of landscapes humidification are considered. Several groups of indicators having a different scope are used for the assessment of humidification: indicators of moisture coming into the landscape, indicators of moisture supply and the amounts of water leaving the landscape. Each group of indicators has specific relations with the properties of the landscape. Indicators of the first group can be regarded as factors of landscape formation and functioning. The second and third groups are largely the result of landscape processes.

Key words: humidification indices and coefficients, aridity, humidity, precipitation, accumulated temperatures, radiation balance, evapotranspiration, potential evaporation, air humidity, soil humidity, subject-object relations, moistening-process, humidification, de-moistening, basic assessment of humidification

¹ Vernadsky Crimean Federal University, Scientific-educational center of noospherology and sustainable noosphere development (structural unit), Simferopol, Russia; Leading Research Scientist, Professor, D.Sc. in Geography; *e-mail:* vbokov@mail.ru

² Vernadsky Crimean Federal University, Scientific-educational center of noospherology and sustainable noosphere development (structural unit), Simferopol, Russia; Academic Secretary, PhD. in Geography; *e-mail:* svo.84@mail.ru

REFERENCES

- Armand A.D.* Samoorganizacija i geosistemy [Self-organization and geosystems]. V kn. Samoorganizacija i dinamika geomorfosistem. Materialy HHVII Plenuma Geomorfologičeskoj komissii RAN. Tomsk, 25 avgusta–2 sentjabrja 2003 g Tomsk: Izd-vo Instituta optiki atmosfery SO RAN, 2003. S. 24–30 (in Russian).
- Armand D.L.* O stat'e M.I. Budyko «K teorii intensivnosti fiziko-geograficheskogo processa» [About M.I. Budyko's article «To the theory of intensity of the physiographic process»] // Voprosy geografii. 1949. № 15. S. 46–52 (in Russian).
- Bljuttgen I.* Geografija klimatov [Geography of climates]. M.: Progress, 1973. T. 2. 402 s. (in Russian).
- Bokov V.A., Smirnov V.O.* Problemy ocenki uvlazhnenija landshaftov [Problems of the assessment of landscapes moistening] // Geopolitika i jekogeodinamika regionov. 2016. T. 12. № 1. S. 35–55 (in Russian).
- Budagovskij A.I.* Nauchnye i praktičeskie aspekty izučeniya teplovogo i vodnogo balansov sel'skohozjajstvennyh polej i lesa [Scientific and practical aspects of studying thermal and water balances of agricultural fields and forests] // Teplovoj balans lesa i polja. M.: Izd-vo AN SSSR, 1962. S. 7–24 (in Russian).
- Budyko M.I.* K teorii intensivnosti fiziko-geograficheskogo processa [To the theory of intensity of the physiographic process] // Voprosy geografii. M.: Geografgiz, 1949. Vyp. 15. S. 25–45 (in Russian).
- Budyko M.I.* Teplovoj balans zemnoj poverhnosti [Thermal balance of land surface]. L.: Gidrometeoizdat, 1956. 234 s. (in Russian).
- Cherenkova E.A.* Izmenenie uvlazhnenija subboreal'nyh ravninnyh landshaftov Rossii v XX i XXI vekah [Change of moistening of subboreal plain landscapes of Russia in the 20th and 21st centuries]. Avtoref. ... kand. geograf. n. M., 2009. 19 s. (in Russian).
- Dokuchaev V.V.* Učenie o zonah prirody [The doctrine of the nature zones]. M.: Geografgiz, 1948. 64 s. (in Russian).
- Drozdov O.A., Grigor'eva A.S.* Vлагооборот v atmosfere [Moisture circulation in the atmosphere]. L.: Gidrometeoizdat, 1963. 316 s. (in Russian).
- Gal'cev A.P.* Uvlazhnenie sushi [Moistening of land] // Kratkaja geograficheskaja jenciklopedija. T. 4. 1964. S. 179 (in Russian).
- Grigor'ev A.A.* Osnovy teorii fiziko-geograficheskogo processa [Bases of the theory of physiographic process] // Trudy Vtorogo Vsesojuznogo geograficheskogo s#ezda, 1948. T. 1. S. 249–257 (in Russian).
- Grigor'ev A.A., Budyko M.I.* O periodičeskom zakone geograficheskoi zonal'nosti [About the periodic law of geographical zonality] // Doklady AN SSSR. 1956. T. 110(1). S. 129–132 (in Russian).
- Gushlja A.V., Mezencev V.S.* Vodnibalansovye issledovanija [Studies of water balance]. Učeb. posobie. Kiev: Vishha shkola, 1982. 229 s. (in Russian).
- Harvej D.* Nauchnoe ob#jasnenie v geografii [Scientific explanation in geography]. M.: Mir, 1974. 674 s. (in Russian).
- Holdridge L.R.* Determination of world plant formations from simple climatic data // Science. 1947. V. 105. P. 367–368.
- Holdridge Leslie R.* Life zone ecology. San Jose: Tropical Science Center, 1967. 206 p.
- Hromov S.P.* Meteorologičeskij slovar' [Meteorological dictionary]. L.: Gidrometeoizdat, 1973. 620 s. (in Russian).
- Isachenko A.G.* Landshaftnaja struktura Zemli, selenenie, prirodopol'zovanie [Landscape structure of the Earth, settlement, environmental management]. SPb.: Izdat. dom SPbGU, 2008. 320 s. (in Russian).
- Kolomyč Je.G.* Lokal'nye koeficienty uvlazhnenija i ih značenie dlja jekologičeskijh prognozov [Local coefficients of moistening and their importance for the environmental forecasts] // Izvestija RAN. Ser. Geograficheskaja, 2010. № 5. S. 61–72 (in Russian).
- Muromcev N.A.* Ocenka vlogoobespečenosti rastenij [Assessment of water availability for plants] // Bjułleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva, 2011. Vyp. 67. S. 20–31 (in Russian).
- Nikitin E.P.* Ob#jasnenie – funkcija nauki [Explanation as a function of science]. M.: Nauka, 1970. 280 c. (in Russian).
- Ozhegov S.I.* Slovar' russkogo jazyka [Dictionary of the Russian language]. M.: Sovetskaja jenciklopedija, 1973. 848 s. (in Russian).
- Penck A.* Versuch einer Klimaklassifikation auf physigraphischer Grundlage // Sitz.-Ber. Kgl. Preuss. Akad. Wiss. Phys.-math. Kl. 1910. № 12. S. 236–246.
- Podgorodeckij P.D.* Krym: priroda [Crimea: nature]. Spravochnoe izdanie. Simferopol': Tavrija, 1988. 192 s. (in Russian).
- Polevoj A.N.* Sel'skohozjajstvennaja meteorologija [Agricultural meteorology]. Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat, 1992. 424 s. (in Russian).
- Poljakov A.F.* Vodoregulirujushhaja rol' gornyh lesov Karpat i Kryma i puti optimizacii pri antropogennom vozdejstvii [The water regulating role of mountain forests of the Carpathians and the Crimea and ways of optimization under the anthropogenic influence]. Simferopol', 2003. 220 s. (in Russian).
- Pozdnjakov A.V.* K teorii spontannoj samoorganizacii slozhnyh struktur. [To the theory of spontaneous self-organization of complex structures] // V kn. Samoorganizacija i dinamika geomorfosistem. Materialy HHVII Plenuma Geomorfologičeskoj komissii RAN. Tomsk, 25 avgusta–2 sentjabrja 2003 g. Tomsk: Izd-vo Instituta optiki atmosfery SO RAN, 2003. S. 30–43 (in Russian).
- Prohorov B.B.* Prikładnaja antropojekologija [Applied anthropoecology]. M.: Izd-vo MNJePU, 1998. 313 s. (in Russian).
- Rejmers N.F.* Prirodopol'zovanie [Nature management]. Slovar'-spravočnik. M.: Mysl', 1990. 637 s. (in Russian).
- Rjabchikov A.M.* Struktura i dinamika geosfery; ee estestvennoe razvitie i izmenenie čelovekom [Structure and dynamics of the geosphere; its natural evolution and anthropogenic transformation]. M.: Mysl', 1972. 242 s. (in Russian).
- Savina S.S.* Gidrometeorologičeskij pokazatel' zasuhi i ego raspređelenie na territorii SSSR [Hydrometeorological indicator of drought and its distribution over the USSR territory]. M.: Izd-vo AN SSSR, 1963. 104 s. (in Russian).
- Seljaninov G.T.* Metodika sel'skohozjajstvennoj harakteristiki klimata [Technique of the agricultural characteristic of climate] // Mirovoj agroklimatičeskij spravočnik. L.: Gidrometeoizdat, 1937. S. 5–27 (in Russian).
- Shashko D.K.* Agroklimatičeskie resursy SSSR [Agroclimatic resources of the USSR]. L.: Gidrometeoizdat, 1985. 249 s. (in Russian).
- Shhukin I.S.* Četyrehjazyčnyj jenciklopedičeskij slovar' terminov po fizičeskoj geografii [Four-language encyclopedic dictionary of physiographic terms]. M.: Sovetskaja jenciklopedija, 1980. 704 s. (in Russian).
- Sirotenko O.D.* Osnovy sel'skohozjajstvennoj agrometeorologii [Fundamentals of agricultural meteorology]. T. II. Kn. I. Matematičeskie modeli v agrometeorologii. Obninsk: FGBU «VNIIGMI–MID», 2012. 136 s. (in Russian).
- Slovar' obshhegeograficheskijh terminov [Dictionary of geographical terms] / Pod red. D. Štampa. M.: Progress, 1972. 408 s. (in Russian).
- Smirnov V.O.* Radiacionnyj, teplovoj i vodnyj balans lesnyh jekosistem Kryma [Radiation, thermal and water balance of forest ecosystems of the Crimea] // Geopolitičeskie i geograficheskije problemy Kryma v mnogovektornom izmerenii Ukrainy. Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvjashhennoj 70-letiju geograficheskogo fakul'teta. Simferopol': TNU, 2004. S. 258–260 (in Russian).
- 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.
- Varlygin D.L., Bazilevich N.I.* Svjazi produkcii zonal'nyh rastitel'nyh formacij Mira s nekotorymi parametrami klimata

[Interrelations of production of the zonal plant formations of the world with some climatic parameters] // *Izv. RAN. Ser. geogr.* 1992. № 1. S. 23–32 (in Russian).

Ved' I.P. Klimat i oblesenie Krymskih nagorij [Climate and afforestation of the Crimean uplands]. Simferopol': Tavricheskij nacional'nyj un-et im. V.I. Vernadskogo, 2007. 136 s. (in Russian).

Veselovskij K.S. O klimate Rossii [About the climate of Russia]. SPb: Izdanie i Tipografija Imperatorskoj Akademii Nauk, 1857. 764 s. (in Russian).

Vinogradov B.V. Razvitie koncepcii opustynivanja [Development of the concept of desertification] // *Izv. RAN. Ser. geogr.* 1997. № 5. S. 94–105 (in Russian).

Voejkov A.I. Klimaty zemnogo shara, v osobennosti Rossii [Climates of the globe, in particular Russia]. M.: Kniga po trebovaniju, 2012. 672 s. (in Russian).

Volobuev V.R. Pochvy i klimat [Soils and climate]. Baku: Izdvo: AN Azerbajdzhanskoj SSR, 1953. 323 s. (in Russian).

Vysockij G.N. Ob oro-klimaticheskikh osnovah klassifikacii pochv [About oro-climatic bases of soil classification] // *Pochvovedenie.* 1906. № 1. S. 3–18.

Zolotokrylin A.N. Klimaticheskoe opustynivanie [Climatic desertification]. M.: Nauka, 2003. 246 s. (in Russian).

Received 22.06.2017

Revised 14.08.2018

Accepted 08.10.2018