

УДК 502.7(470.323)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КУРСКОЙ БИОСФЕРНОЙ СТАНЦИИ ИНСТИТУТА ГЕОГРАФИИ РАН

© 2021 г. С. В. Ясинский^{a, *}, Е. А. Кашутина^a, М. В. Сидорова^a

^aИнститут географии РАН, Москва, Россия

*e-mail: yasisergej@yandex.ru

Поступила в редакцию 25.07.2020 г.

После доработки 09.02.2021 г.

Принята к публикации 27.04.2021 г.

Сформулированы цели и задачи создания научных стационаров, в том числе Курской биосферной станции Института географии РАН. Дана краткая характеристика объектов экспериментальных воднобалансовых исследований на этом стационаре в 1980-е годы. Приведены основные результаты исследований в зимне-весенние месяцы по изучению и регулированию поверхностного весеннего склонового стока и эрозии почвы с использованием нетрадиционных агротехнологий. Рассмотрены направления дальнейших гидрологических исследований на объектах станции. Обсуждается возможность применения современных средств мониторинга, непрерывного измерения наблюдаемых параметров с использованием высокоточных цифровых оборудования и приборов; использования дистанционных методов, в том числе беспилотных летательных аппаратов; развитие технологий прецизионного земледелия, учитывающих пространственную неоднородность почвенных характеристик сельскохозяйственных полей в режиме реального времени на основе спутниковой информации. Рассматривается комплекс необходимых организационных мероприятий, в том числе вопросы проведения учебных и производственных полевых практик студентов высших учебных заведений.

Ключевые слова: Курская биосферная станция Института географии РАН, исследования на стационарах, натурные эксперименты, управление гидрологическими процессами, факультет географии и геоинформационных технологий Высшей школы экономики, студенческие практики

DOI: 10.31857/S2587556621040129

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мире усиливается интерес к анализу данных, собранных непосредственно в природных условиях с использованием высокоточного оборудования, позволяющего получать принципиально новые научные результаты (Гарцман, Шамов, 2015). Оптимальным вариантом реализации такого подхода является проведение исследований на научных стационарах, расположенных в различных природных условиях.

Научные стационары создаются для достижения следующих главных целей.

1. Долговременный мониторинг состояния характерных (репрезентативных) для региона наземных и водных геоэкосистем. Это обеспечивает возможность получения непрерывных, однородных (в смысле постоянства объектов исследования) и длительных рядов наблюдений о состоянии геоэкосистем и их отклике на текущие природные и антропогенные изменения.

2. Постановка и реализация натурных экспериментов, имитирующих протекание природных процессов, в том числе с характеристиками редкой повторяемости, а также реализующих различные виды антропогенного воздействия, в том числе внедрение новейших прогрессивных способов ведения хозяйства, с оценкой реакции геоэкосистем.

3. Выявление закономерностей функционирования репрезентативных для региона геоэкосистем под влиянием комплекса специфических для территории природных процессов и видов антропогенной деятельности.

4. Прогноз функционирования региональных геоэкосистем.

5. Разработка способов адаптации региональных геоэкосистем к изменениям климата и хозяйственной деятельности.

6. Отработка новых методик измерений, в том числе дистанционных.



Рис. 1. Современный вид Курской биосферной станции ИГ РАН с БПЛА.

7. Разработка способов внедрения результатов исследований в хозяйственную практику.

8. Подготовка научно-исследовательских кадров.

Целью статьи является рассмотрение перспективных направлений фундаментальных и прикладных гидрологических и некоторых других исследований, которые могут быть реализованы на одном из старейших стационаров страны – Курской биосферной станции (КБС) Института географии РАН (ИГ РАН) (рис. 1)¹, на основе анализа ранее выполненных работ на воднобалансовых объектах КБС.

КБС создавалась как комплексный стационар, на котором осуществлялся мониторинг и обобщение данных, характеризующих параметры и динамику рельефа, почвы, включая почвенную фауну, продуктивности растительности, метеорологического, радиационного, теплового и водного режима природных (лесных и травянистых) и антропогенных (сельскохозяйственных и городских) геосистем Центральной лесостепи (Герасимов, Грин, 1976; Грин и др., 1986).

Основными задачами стационара выступали изучение потоков вещества и энергии, выявление

регулятивной роли биоты в функционировании природных геосистем Центральной лесостепи и оценка эффективности использования внешних факторов для оптимального функционирования природно-антропогенных геосистем этого региона (Грин и др., 1986). Основным методом стационарного изучения потоков вещества и энергии служил балансовый подход, разработанный Д.Л. Армандом (1975), позволяющий количественно оценить составляющие радиационного, теплового и водного балансов, а также баланса биомассы.

Впервые на КБС этот метод начал использоваться под руководством М.И. Львовича в конце 1960-х годов для сравнительного изучения гидрологического режима природных (естественных) и сельскохозяйственных геосистем Центральной лесостепи и оценки влияния на него антропогенных факторов, связанных с изменением подстилающей поверхности при производстве сельскохозяйственных работ (Львович, 1980). В качестве естественных аналогов использовались участки Центрально-Черноземного биосферного заповедника (ЦЧБЗ), два из которых находились в режиме абсолютной заповедности (некосимая луговая степь и широколиственный лес), а два других (косимая и выпасаемая степь) – в режиме незна-

¹ См. также: <http://kursk.igras.ru/>



Рис. 2. Городок Курской биосферной станции ИГ РАН в 1980-е годы. Аэрофотосъемка с БПЛА.

чительных антропогенных воздействий. В качестве природно-антропогенных геосистем использовались поля Курской государственной опытной сельскохозяйственной станции у д. Петринка, на которых осуществлялся полный комплекс сельскохозяйственных работ при севообороте. На этих участках и полях под руководством А.М. Грина были созданы водобалансовые объекты (стоковые площадки и малые водосборы, лога), на которых были организованы круглогодичные наблюдения за динамикой талого склонового стока, а в теплый период — за влажностью почвы и режимом выпадения осадков. Позднее Е.П. Чернышевым и Н.А. Барымовой наблюдения в весенний период были дополнены отбором проб воды и определением в них содержания частиц смытой почвы (стока наносов) и ряда химических элементов. Для своего времени эти работы были пионерными, а их основные результаты, изложенные в (Водный ..., 1974; Грин, 1965; Методы ..., 1987; Чернышев, Барымова, 1992), востребованы и в настоящее время в связи с нерешенной проблемой диффузного (рассеянного) загрязнения водных объектов (Ясинский и др., 2020).

Выполненные гидрологические исследования водного баланса геосистем Центральной лесостепи в 1960–70-е годы продолжились и на объектах, расположенных в окрестностях КБС, находящейся в 25 км к югу от г. Курска (рис. 2).

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ КБС И ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ЗАДАЧИ

Одним из объектов является *плакорный участок* на въезде на КБС, где была расположена метеостанция, описание и состав наблюдений на которой приведен в (Озеров, Ясинский, 1988). С 2017 г. работа метеостанции восстановлена в круглосуточном режиме. Плакорный участок с 1978 г. выведен из интенсивного хозяйственного оборота. В результате на нем сформировался растительный покров, близкий по составу к растительности на заповедных участках ЦЧБЗ. Соответственно, за прошедшие почти 40 лет могла измениться и структура почвы на этом участке. Сотрудниками отдела географии почв ИГ РАН были отобраны образцы почвы для определения современных агрогидрологических и агрохими-

ческих характеристик. Полученные результаты необходимо сравнить с данными по аналогичным объектам ЦЧБЗ (Афанасьева, 1966; Оликова, Сычева, 1996). Они могут служить своеобразными эталонами при дальнейших наблюдениях за эволюцией почвенного покрова этого региона. При изучении гидрологического и термического режимов деятельного слоя почвогрунтов в пределах 2–3 м необходимо установить либо на стандартных глубинах, либо на границах смены почвенных горизонтов термоэлектрические датчики температуры и влажности почвы с автоматической регистрацией. Метеорологические наблюдения на этом участке целесообразно дополнить автоматизированными измерениями составляющих теплового баланса и высокоточным измерением скоростей ветра с применением ультразвукового анемометра, а также наблюдениями за состоянием растительного и снежного покровов в соответствующие сезоны года.

КБС расположена между двумя **крупными балочными системами** – северной и южной, длина каждой из которых составляет около 5–6 км. Обе балки состоят из двух склонов и тальвега. Склоны северной балки ежегодно распахиваются с осени, а в теплый период на них произрастают различные сельскохозяйственные культуры. Южная балка практически до устья занята широколиственным лесом с густыми ярусами подлеска и травы.

В месте слияния устьев этих балок вблизи д. Панино создана плотина с гидрометрическим устройством для измерения уровня воды в приплотинном пруде, образующемся в весенний период поверхностным склоновым стоком за счет таяния снежного покрова. В летний период пруд сильно мелеет, его площадь значительно сокращается. Морфометрические характеристики пруда, внутригодовая и межгодовая динамика их изменений, как и химический состав воды и донных отложений, неизвестны, и этот объект может являться предметом изучения как типовой водный объект, характерный для данной природной зоны.

Основным процессом, характерным для *северной балки*, является эрозия почвы и связанная с ней миграция химических веществ. Объем эрозии почвы, выносимой со склонов, зависит от величины поверхностного весеннего склонового стока, вместе с которым также выносятся растворенные в воде химические вещества. Сам же процесс образования весеннего склонового стока обусловлен комплексом частных процессов, протекающих в зимне-весенний период. К ним относятся для зимнего периода: формирование снежного покрова, температурного и влажностного режима почвы, глубины промерзания, льдистости и коэффициента влагопроводности мерзлой почвы, влагоемкости снежного покрова и др. Снежный покров в Центральной лесостепи в те-

чение зимнего периода претерпевает существенное изменение вертикальной структуры под влиянием силы тяжести, оттепелей и других факторов (Чернов, 2013). Выявление неоднородности вертикальной структуры снега позволяет рассчитывать на открытие новых эффектов его влияния на гидротермический режим почвы в зимний период и, что особенно важно, на начало периода снеготаяния. Интересно также изучение структуры снега на разных формах рельефа, например в оврагах, а не только на склонах или плакорных участках.

В весенний период талая вода частично впитывается в мерзлую почву и участвует в формировании поверхностного весеннего склонового стока. Для оценки его объема и гидрографа в тальвеге верхней части северной балки в 1970-е годы была построена бетонная плотина с тонкостенным водосливом, с углом выреза 90°, контролирующая водосбор площадью 22 га (рис. 3). Наблюдения за стоком в 1980-е годы были автоматизированы, информация об уровне воды на водосливе поступала в информационно-вычислительный центр с дискретностью 30 мин, на каждый отсчет времени проводился расчет расхода воды по формуле треугольного водослива (рис. 4) (Озеров, Ясинский, 1988).

На северном и южном склонах этого водосбора до тальвега с осени устанавливались снегомерные рейки и мерзлотомеры Данилина, а в течение зимы измерялась влажность почвы нейтронным влагомером ВПГР-2. Схема водосбора и размещения приборов приведена на рис. 5.

В результате проведения многолетних наблюдений на этом объекте КБС получены следующие основные результаты.

1. Разработана динамико-стохастическая модель формирования поверхностного весеннего склонового стока, в которой впервые объединены динамика стока снежного покрова, впитывания воды в мерзлую почву, стекания воды по склону, учет стохастического характера снежного покрова и тесно связанной с ним глубины промерзания почвы – основных факторов, обуславливающих процесс впитывания и образования талого стока на склонах (Ясинский, Гусев, 2003).

2. С использованием этой модели проведена серия имитационных расчетов по оценке влияния толщины мульчирующего покрытия из соломы на изменение глубины промерзания почвы, слоя и коэффициента поверхностного весеннего склонового стока, а также на изменение структуры водного баланса всего склона (Ясинский и др., 2008). При этом использование мульчи из соломы рассматривается как наиболее благоприятный агроприем, направленный на снижение или ликвидацию поверхностного стока как фактора эрозии почвы (рис. 6–8).

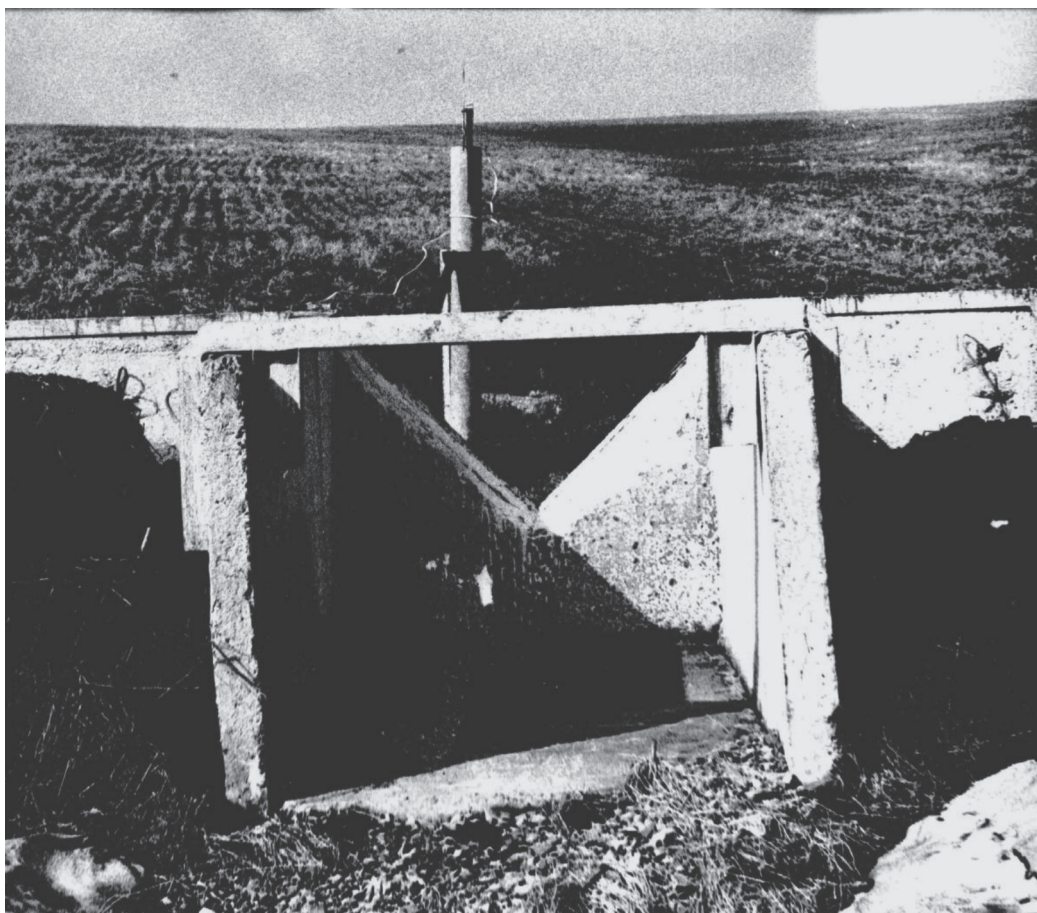


Рис. 3. Бетонно-земляная плотина с тонкостенным водосливом в верхней части северной балки. На заднем плане — измерительное устройство поплавкового типа.

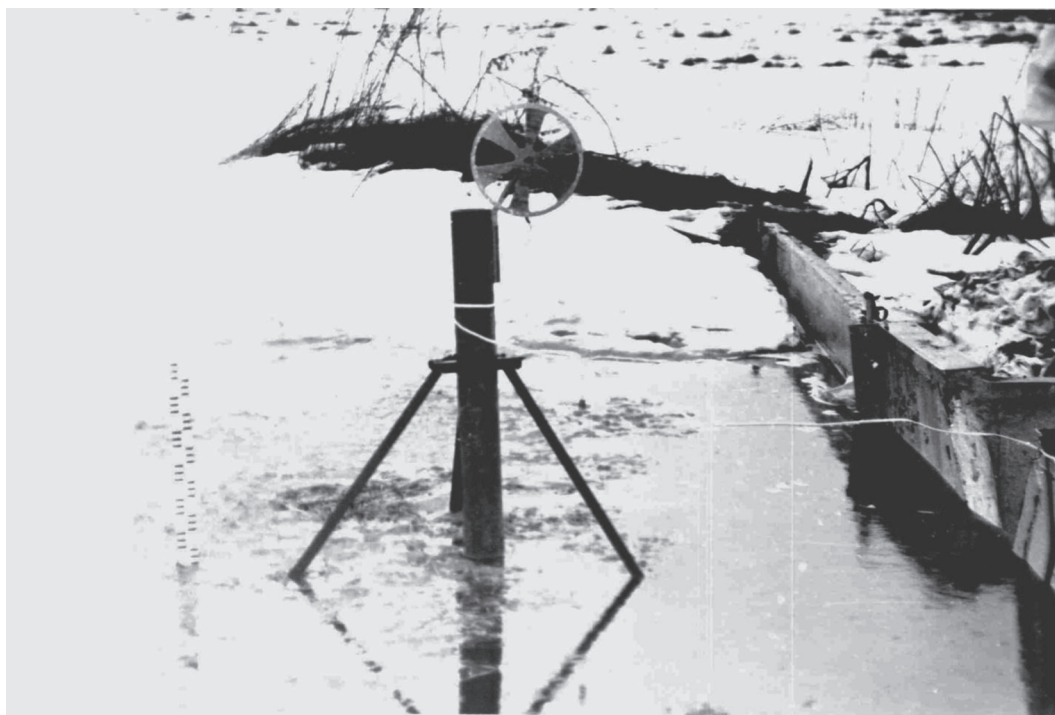


Рис. 4. Автоматизированное измерительное устройство уровня воды на водосливе поплавкового типа.

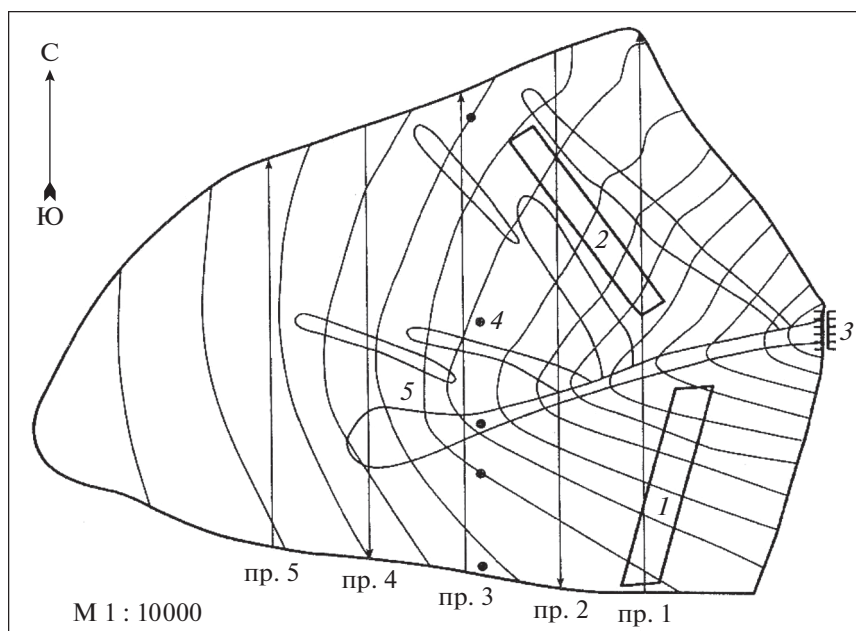


Рис. 5. Схема экспериментального водосбора КБС ИГ РАН – лога Панинского.

1 – Стоковая площадка на склоне северной экспозиции; 2 – стоковая площадка на склоне южной экспозиции; 3 – бетонно-земляная плотина с тонкостенным водосливом; 4 – постоянные точки размещения на водосборе комплекса приборов для измерения характеристик снежного покрова, глубины промерзания, температуры и влажности почвы; 5 – тальвег, ложбины стока; пр. 1–5 – профили постоянных маршрутов снегомерных съемок поперек склонов на начало снеготаяния, горизонтали через 2 м.

Что касается эрозии почвы, то ее проявления на территории северной балки весьма разнообразны, поэтому важно выявить, описать и дать их количественную характеристику. В частности, на склоне южной экспозиции северной балки постоянно формируется эфемерный рельеф, представленный ветвящейся структурой ручейков,

которые на трех участках склона с разными уклонами оканчиваются конусами выноса. По мере расширения балки к устью на склонах, наряду с этими структурами, мощными потоками воды формируются линейные формы рельефа, оканчивающиеся у самого тальвега балки.

Современную основу мониторинга гидролого-эрозионных процессов на объектах КБС должны составить сопряженные по времени съемки с бес-

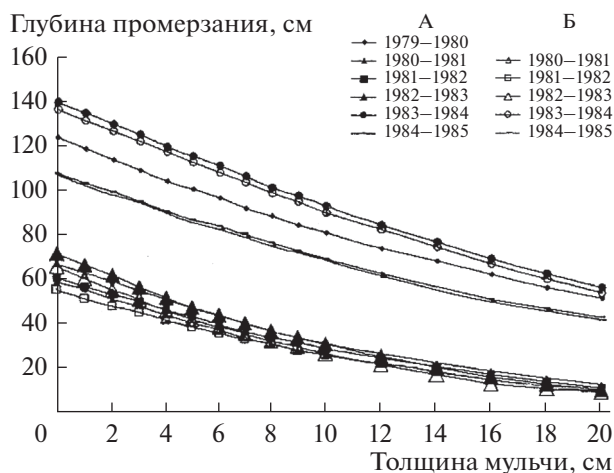


Рис. 6. Зависимость глубины промерзания от слоя мульчи из соломы. Здесь и на рис. 7, 8: А – тип поверхности 1 (зяблевая пахота), Б – тип поверхности 2 (уплотненная почва).

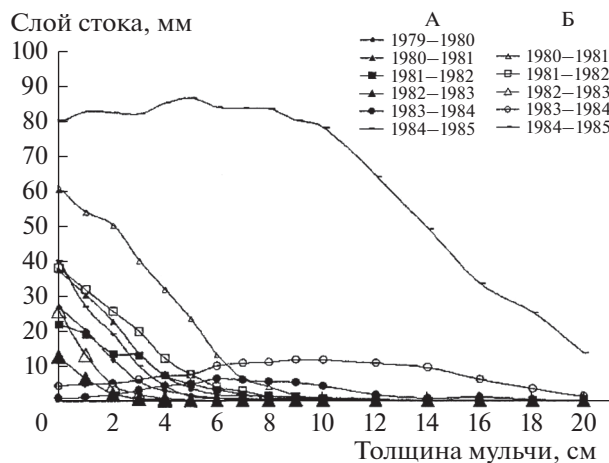


Рис. 7. Зависимость весеннего склонового стока от мощности слоя мульчи из соломы.

пилотных летательных аппаратов (БПЛА) и наземные измерения морфометрических параметров эрозионного рельефа, расходов воды в микроручейковой сети и в других формах рельефа в сочетании с отбором проб воды на мутность и на содержание в ней и в наносах химических веществ. Несмотря на то, что в настоящее время существуют методики расчета объема эрозии почвы (Инструкция ..., 1979; Ларионов, 1993; Сухановский, 2000; Сухановский и др., 2009), проблема разработки гидрологической модели этого процесса при снеготаянии и дождевой эрозии почвы является весьма актуальной. Необходимость разработки такой модели обусловлена тем, что действующие методики не учитывают многие аспекты этой проблемы. В частности, сюда относится наличие различных форм эрозионного рельефа, образующихся потоками талого или дождевого стока, а также сложный комплекс процессов его формирования и стохастический характер значимых факторов.

В последнее десятилетие произошло изменение структуры водного баланса склонов в связи с постоянно увеличивающейся температурой воздуха в холодный период года. Это привело к уменьшению высоты и мощности снежного покрова, глубины промерзания почвы, снижению поверхностного весеннего склонового стока, увеличению впитывания и влажности почвы. Тем не менее процессы эрозии почвы продолжают проявляться; в связи с этим необходимо продолжать исследования по оценке эффективности управления гидролого-эрозионными процессами на склонах с использованием мульчирующих покрытий из растительных остатков (прежде всего соломы). Эти покрытия не только обеспечивают снижение поверхностного стока и эрозии почвы. Они обладают длительным эффектом по снижению непродуктивного испарения в теплый период года, являются хорошим удобрением, способствующим улучшению структуры почвы и ее плодородию.

В теплый период года склоны северной балки засеваются различными сельскохозяйственными культурами, которые проходят все стадии своего развития от всходов до уборки урожая. Традиционно основной задачей в этот период является оценка составляющих водного баланса — осадков, испарения, впитывания воды в почву и установление их связей с различными параметрами растительного покрова: его проективным покрытием, продуктивностью, соотношением надземной и подземной биомассы и др. Применительно к объектам КБС, кроме традиционно измеряемых параметров в теплый период — осадков и влажности почвы, интерес представляет организация микролизиметрических наблюдений за объемом и химическим составом впитавшейся в почву воды после снеготаяния или выпадения сильных дождей с

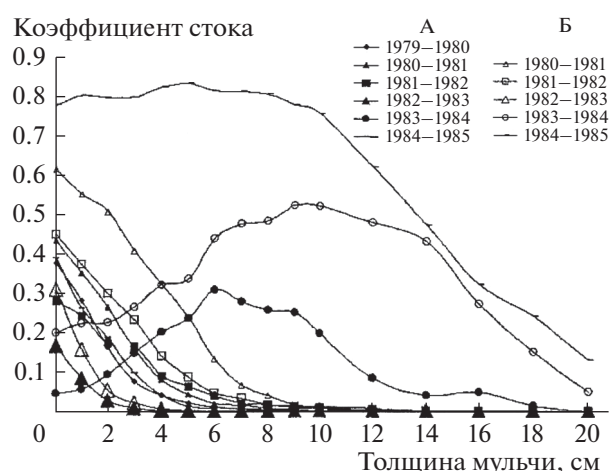


Рис. 8. Зависимость коэффициента весеннего склонового стока от слоя мульчи из соломы.

использованием вакуумных лизиметров (тензоллизиметров) (Гарцман, Шамов, 2015).

В целом северная балка может рассматриваться как объект КБС, на котором возможна отработка *технологий точного или прецизионного земледелия*, которое активно развивается во всем мире, в том числе и в России (Щербаков, Васенев, 2002). Суть этой технологии заключается в том, что в целях существенного увеличения урожайности сельскохозяйственных культур проводятся детальные съемки рельефа, агрохимических характеристик почвы и других параметров. По полученным данным составляются цифровые карты поля или участка, которые передаются на спутник на околоземной орбите. При внесении удобрений, средств защиты растений или уборке урожая эти карты, а также данные спутникового зондирования текущего состояния почвенно-растительного покрова передаются на трактор, который оборудован GPS или ГЛОНАСС приемниками и соответствующим оборудованием. Дальнейшее выполнение агротехнических мероприятий происходит автоматически. Еще в начале 2000-х годов при первых попытках внедрения подобных технологий в России обеспечивалось повышение урожайности сельскохозяйственных культур в среднем на 30% (Щербаков, Васенев, 2002). Основной задачей применения технологии прецизионного земледелия является оценка пространственной неоднородности характеристик, определяющих агрохимическое состояние и плодородие почвы, продуктивности и урожайности сельскохозяйственных культур. Несомненно, что полностью такая технология может быть отработана и применена только в сотрудничестве с крупными сельскохозяйственными предприятиями. Но это направление деятельности КБС обеспечит внедрение современных технологий

мониторинга агрогеосистем в практику сельского хозяйства России.

Важным, но неизученным объектом КБС является уже упоминавшаяся *южная, заросшая лесом, балка*. Здесь следует организовать полный комплекс наблюдений, начиная с проведения топографической съемки, установки высотной метеорологической мачты, создания гидрометрического створа, описания почвенного и растительного покровов и проведения других видов работ. Через несколько лет комплексный мониторинг на северной (безлесной) и южной (залесенной) балках обеспечит наличие действующего стационара с парными экспериментальными бассейнами. Такие парные бассейны было рекомендовано создавать странам – участницам Всемирной метеорологической организации, куда входит и Россия (Репрезентативные ..., 1971). Анализ процессов, происходящих на парных водосборах, позволяет выявить особенности функционирования лесных и полевых геосистем, находящихся в одной природной зоне.

Еще один интересный объект стационарного мониторинга расположен в 4 км от КБС в направлении д. Панино. Это *лог Безымянный*, на котором осуществлялись многолетние гидролого-геоморфологические исследования; их результаты обобщены в (Фирсенкова, 1987). Этот объект интересен тем, что он включает в себя все геоморфологические звенья овражно-балочной сети: сам водосбор; овраг, куда стекают талые воды; балку, где овраг заканчивается, и которая сама входит в долину р. Млодать. Ранее постоянные наблюдения проводились только на водосборе и в овраге, хотя, несомненно, интерес представляют процессы во всей цепочке геоморфологических элементов этой сети.

Одной из малоизученных проблем в Центральной лесостепи является *оценка условий формирования подземного стока* и его характеристик. В нескольких местах долины р. Млодать имеются выходы подземных вод, причем они приурочены к середине борта долины. Перепад высот между плакорной территорией и местами выхода подземных вод небольшой и, вероятно, не превышает 10–15 м. Целесообразно было бы оценить дебит этих родников, их химический состав, провести точную нивелирную съемку этих участков, чтобы попытаться выявить динамику и понять природу возникновения этого вида подземного стока.

В целом в Центральной лесостепи не хватает объема ни твердых осадков зимнего периода, ни жидких осадков теплого периода года, чтобы промочить всю толщу почво-грунтов на плакорных участках, как это происходит в лесной зоне. Перепад высот от плакоров до тальвегов оврагов, не говоря уже об уровне воды в руслах рек, составляет 20–30 м. Маловероятно также, что склоны во-

досборов могут являться местом, где может осуществляться питание осадками подземных вод. Во-первых, практически все склоны в лесостепи распаханы. В результате на уровне плужной подошвы примерно на глубине 20 см образуется слабопроницаемый слой, препятствующий впитыванию воды в почву. Во-вторых, перепад высот даже в тальвегах оврагов до русла реки все еще слишком велик, чтобы выпадающие осадки достигали уровня подземных вод. Кроме того, поры почвы тальвегов малых водосборов заcolmатированы тонкодисперсным материалом, выносимым талыми и дождевыми водами со склонов, и плохо пропускают воду.

Возможными местами питания подземных вод могут являться балки и лес. Балки в теплый период года служат местными дорогами, по их центральной части, как правило, проходят колеи от колес машин. Эти места, естественно, обладают высокой водонепроницаемостью. Но остальная площадь балок занята травянистой и кустарниковой растительностью, обуславливающей формирование хороших фильтрационных свойств почвы. Кроме того, поверхность балок, вероятно всего, находится на небольшой высоте (2–5 м) от уровня подземных вод, что также дает основание рассматривать балки как одно из возможных основных мест питания и формирования подземных вод. Лес также может рассматриваться как место питания подземных вод. Это связано с высокими фильтрационными свойствами лесной почвы. Измерение влажности почвы до глубины 20 м показало, что в лесу она заметно увеличивается на этой глубине один раз в 10 лет в период снеготаяния, что дало основание считать гидрологический режим почв Центральной лесостепи периодически промывным (Коковина, 1974). Однако площадь лесов в этом регионе не превышает в целом 20%, и может ли лес являться основным местом питания подземных вод, остается unclear. Вопрос о питании подземных вод, о влиянии на него рельефа местности, физических свойств почвы, растительного покрова, животного мира (кротовин) и других факторов и процессов имеет фундаментальное значение и может быть решен в рамках стационарных исследований на КБС. Необходимо оценить фильтрационные свойства почвы в балках и в лесах, глубину залегания подземных вод, оценить структуру водного баланса этих элементарных геосистем и на этой основе оценить долю их участия в формировании подземных вод рассматриваемого региона.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА КБС

Стационар в разные периоды своего функционирования становился центром реализации многих отечественных и международных научных программ, что было связано, в том числе, с мно-

гообразиям природно-антропогенных геосистем в его окрестностях. В 1970–80-е годы осуществлены: программа по изучению взаимодействия природы и общества стран – участниц Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ), где Курская область являлась модельным регионом для отработки методики оценки такого взаимодействия; научная часть программы “Интеркосмос”, реализованная СССР для привлечения дружественных стран к космическим полетам, где Курская область была выбрана в качестве экспериментального модельного полигона для идентификации космической информации и оценки динамики состояния геосистем; программы планетарных геофизических исследований стран СЭВ, международных геофизических экспериментов “Курэкс–88” и “Курэкс–91” (Грин, 1982; Грин и др., 1986). В этот период на КБС ежегодно проводились представительные международные научные конференции.

Большой опыт международного сотрудничества с учеными из разных стран дает хорошую перспективу для начавшегося в последнее десятилетие возрождения КБС на принципиально новой научной и технологической основе. Основным объектом региональных исследований на КБС должен стать бассейн р. Сейм с сетью его малых водосборов, одним из которых является бассейн р. Млодаты. Именно на примере бассейна р. Сейм, являющегося левым трансграничным притоком р. Десны, впадающей в Днепр, должна отрабатываться стратегия бассейнового управления природно-антропогенными геосистемами региона и развития его хозяйства (Корытный, 2001). Информационную основу этой стратегии должна составить региональная ГИС, содержащая необходимую информацию о природных и хозяйственных условиях в разных частях бассейна. Эта информация должна быть представлена на картах, в том числе на картах районирования этого бассейна по видам антропогенной нагрузки и степени экологической опасности (Ясинский, 2000).

Организационные мероприятия

В 2019 г. в НИУ “Высшая школа экономики” в партнерстве с Институтом географии РАН открылся факультет географии и геоинформационных технологий. ИГ РАН обеспечивает условия для вовлечения студентов в исследовательскую деятельность – через научное руководство студентами, доступ к оборудованию лабораторий института, научным архивам, архивам аэрокосмических снимков, базам данных и др. Сотрудники ИГ РАН составляют основу преподавательского и исследовательского состава факультета. После первого курса студентов ждет учебная практика на КБС. Во время практики студенты получают необходимые навыки полевых географи-

ческих исследований, а также примут участие в реальных научных исследованиях, получают данные, которые затем могут лечь в основу их курсовых и дипломных работ, а также других форм научных исследований. Привлечение студентов и молодых ученых позволит возродить на современной основе комплекс гидрологических исследований на КБС, с которых и начиналась научная история стационара.

ВЫВОДЫ

Сформулированы общие представления о целях и задачах создания научных стационаров, в том числе Курской биосферной станции Института географии РАН.

Раскрыты закономерности формирования ряда гидрологических и гидролого-эрозионных процессов на воднобалансовых объектах КБС и показаны наиболее актуальные направления их исследований.

Определены перспективы развития как гидрологических, так и некоторых других географических исследований на КБС ИГ РАН, связанных, в первую очередь, с созданием факультета географии и геоинформатики в НИУ “Высшая школа экономики”.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в Институте географии РАН в рамках государственного задания № 0148-2019-0007.

FUNDING

The research was carried out within the framework of the state-ordered research theme of the Institute of Geography RAS no. 0148-2019-0007 (AAAA-A19-119021990093-8).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Арманд Д.Л. Наука о ландшафте (основы теории и логико-математические методы). М.: Мысль, 1975. 288 с.
- Афанасьева Е.А. Черноземы Средне-Русской возвышенности. М.: Наука, 1966. 224 с.
- Водный баланс основных экосистем Центральной лесостепи. М.: ИГ СССР, 1974. 281 с.
- Гарцман Б.И., Шамов В.В. Натурные исследования стокоформирования в дальневосточном регионе на основе современных средств наблюдения // Водные ресурсы. 2015. Т. 42. № 6. С. 589–599.
- Герасимов И.П., Грин А.М. Экспериментальный полигон для изучения природных и антропогенных геосистем центральной части Русской равнины // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1976. № 1. С. 18–28.
- Грин А.М. Динамика водного баланса Центрально-Черноземного района. М.: Наука, 1965. 148 с.

- Грин А.М., Фирсенкова В.М., Ананьева Л.М. Развитие комплексных стационарных исследований геосистем (к 25 летию Курской биосферной станции Института географии АН СССР) // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1986. № 6. С. 23–33.
- Грин А.М. Цели, задачи, методы и принципы организации мониторинга в Центрально-Черноземном биосферном заповеднике // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1982. № 6. С. 33–40.
- Инструкция по определению расчетных гидрологических характеристик при проектировании противоэрозионных мероприятий на Европейской территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 62 с.
- Коковина Т.П. Водный режим мощных черноземов и влагообеспеченность на них сельскохозяйственных культур / ВАСХНИЛ. Почвенный институт им. В.В. Докучаева. М.: Колос, 1974. 304 с.
- Корытный Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2001. 163 с.
- Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв. М.: Изд-во МГУ, 1993. 199 с.
- Львович М.И. Почвенное направление в гидрологии // Формирование водного баланса территории. М.: ИГ РАН, 1980. С. 30–52.
- Методы исследования водного баланса территории и картирования его элементов. М.: ИГ СССР, 1987. 220 с.
- Озеров Н.С., Ясинский С.В. Автоматизация наземных наблюдений в геосистемном мониторинге // Принципы и методы геосистемного мониторинга. М.: Наука, 1988. С. 89–96.
- Оликова И.С., Сычева С.А. Водный режим целинных черноземов Средне-Русской возвышенности и его изменения // Почвоведение. 1996. № 5. С. 640–649.
- Репрезентативные и экспериментальные бассейны. Международное руководство по исследованиям и практике. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 428 с.
- Сухановский Ю.П. Методы моделирования эрозионных процессов и основы формирования противоэрозионных комплексов. Автореф. дисс. ... д-ра с.-х. н. Курск, 2000. 40 с.
- Сухановский Ю.П., Пискунов А.Н., Санжарова С.И. Компьютерная модель для расчета среднего-летних потерь почвы, обусловленных дождевой эрозией и эрозией почв при весеннем снеготаянии. Курск: ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2009. 50 с.
- Фирсенкова В.М. Морфодинамика антропогенного рельефа. М.: ИГ СССР, 1987. 198 с.
- Чернов Р.А. Термические свойства снежного покрова Среднерусской возвышенности. Автореф. дисс. канд. геогр. наук. М.: Институт географии РАН, 2013. 30 с.
- Чернышев Е.П., Барымова Н.А. Ландшафтные аспекты структуры и трансформации склонового стока и связанного с ним вещественного обмена (на примере речных систем Центральной лесостепи) // Изв. РАН. Сер. геогр. 1992. № 5. С. 41–55.
- Щербаков А.П., Васенев И.И. Задачи и перспективы прецизионного земледелия в России // Современные проблемы земледелия и экологии. Сб. докладов. Курск, 2002. С. 15–21.
- Ясинский С.В. Геоэкологический анализ антропогенных воздействий на водосборы малых рек // Изв. РАН. Сер. геогр. 2000. № 4. С. 74–82.
- Ясинский С.В., Гусев Е.М. Динамико-стохастическое моделирование процессов формирования весеннего склонового стока на малых водосборах // Почвоведение. 2003. № 7. С. 847–861.
- Ясинский С.В., Гусев Е.М., Кашутина Е.А. Эффективность агроприемов в управлении гидрологическими процессами на малых водосборах в период весеннего снеготаяния // Почвоведение. 2008. № 3. С. 321–329.
- Ясинский С.В., Кашутина Е.А., Сидорова М.В., Нарыков А.Н. Антропогенная нагрузка и влияние водосбора на диффузный сток биогенных элементов в крупный водный объект (на примере водосбора Чебоксарского водохранилища) // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 5. С. 630–648.

Results and Prospects of Hydrological Research at the Kursk Biosphere Station of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences

S. V. Yasinsky^{1, *}, E. A. Kashutina¹, and M. V. Sidorova¹

¹Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

*e-mail: yasisergej@yandex.ru

The goals and objectives of creating scientific stations, including the Kursk Biosphere Station of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, are formulated. A brief description of the objects of experimental studies of the water balance at this station in the 1980s is given. The main research results obtained in the winter-spring months of the year, of study and regulation of the spring surface slope runoff formation and soil erosion using non-traditional agricultural technologies, are presented. Some directions of further geological and hydrological studies at the Kursk Biosphere Station objects are considered. The possibilities of using modern monitoring tools, continuous measurement of the observed parameters using high-precision digital equipment and instruments, the use of remote sensing methods (including unmanned aerial vehicles), the development of precision farming technologies based on the soil spatial heterogeneity, and characteristics

of agricultural fields in real time based on assimilation satellite information, are discussed. A complex of necessary organizational measures is considered, including the issues of organizing educational and industrial practice of students of higher educational institutions.

Keywords: Kursk Biosphere Station of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, research at stations, field experiments, control of hydrological processes, Faculty of Geography and Geoinformation Technologies of the Higher School of Economics, higher education in geography, student field practices

REFERENCES

- Afanas'eva E.A. *Chernozemy Sredne-Russkoi vozvyshennosti* [Chernozems of the Middle Russian Upland]. Moscow: Nauka Publ., 1966. 224 p.
- Armand D.L. *Nauka o landshafte (osnovy teorii i logiko – matematicheskie metody)* [Landscape Science (Fundamentals of Theory and Logical - Mathematical Methods)]. Moscow: Mysl' Publ., 1975. 288 p.
- Chernov R.A. Thermal properties of the snow cover of the Central Russian Upland. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Inst. of Geogr. Russ. Acad. Sci., 2013. 30 p.
- Chernyshev E.P., Barymova N.A. Landscape aspects of the structure and transformation of slope runoff and associated material exchange (on the example of river systems of the Central forest-steppe). *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 1992, no. 5, pp. 41–55. (In Russ.).
- Firsenkova V.M. *Morfodinamika antropogennogo rel'efa* [Morphodynamics of Anthropogenic Relief]. Moscow: Inst. Geogr. Akad. Nauk, 1987. 198 p.
- Gartsman B.I., Shamov V.V. Field studies of runoff formation in the far east region based on modern observational instruments. *Water Resour.*, 2015, vol. 42, pp. 766–775. doi 10.1134/S0097807815060044
- Gerasimov I.P., Grin A.M. Experimental testing ground for studying natural and anthropogenic geosystems in the central part of the Russian Plain. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 1976, no. 1, pp. 18–28. (In Russ.).
- Grin A.M. *Dinamika vodnogo balansa Tsentral'no-Chernozemnogo raiona* [Dynamics of the Water Balance of the Central Black Earth Region]. Moscow: Nauka Publ., 1965. 148 p.
- Grin A.M., Firsenkova V.M., Anan'eva L.M. Development of complex stationary studies of geosystems (to the 25th anniversary of the Kursk biosphere station of the Institute of Geography of the Academy of Sciences of the USSR). *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 1986, no. 6, pp. 23–33. (In Russ.).
- Grin A.M. Goals, objectives, methods and principles of organizing monitoring in the Central Chernozem Biosphere Reserve. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 1982, no. 6, pp. 33–40. (In Russ.).
- Instruktsiya po opredeleniyu raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik pri proektirovanii protivooerozionnykh meropriyatiy na Evropeiskoi territorii SSSR* [Instructions for Determining the Calculated Hydrological Characteristics in the Design of Anti-Erosion Measures on the European Territory of the USSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1979. 62 p.
- Kokovina T.P. *Vodnyi rezhim moshchnykh chernozemov i vlagobespechennost' na nikh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Water Regime of Thick Chernozems and Moisture Supply of Agricultural Crops on Them]. Moscow: Kolos Publ., 1974. 304 p.
- Korytnyi L.M. *Basseinovaya kontseptsiya v prirodopol'zovanii* [Basin Concept in Nature Management]. Irkutsk: Inst. Geogr. Sibir. Otd. RAN, 2001. 163 p.
- L'vovich M.I. Soil direction in hydrology. In *Formirovanie vodnogo balansa territorii* [Formation of the Water Balance of the Territory]. Moscow: IGRAN, 1980, pp. 30–52. (In Russ.).
- Larionov G.A. *Eroziya i deflyatsiya pochv* [Soil Erosion and Deflation]. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1993. 199 p.
- Metody issledovaniya vodnogo balansa territorii i kartirovaniya ego elementov* [Methods for Studying the Water Balance of the Territory and Mapping its Elements]. Moscow: Inst. Geogr. Akad. Nauk SSSR, 1987. 220 p.
- Olikova I.S., Sycheva S.A. Water regime of virgin chernozems in the Central Russian Upland and its changes. *Eurasian Soil Sci.*, 1996, vol. 29, no. 5, pp. 582–590.
- Ozerov N.S., Yasinskii S.V. Automation of ground-based observations in geosystem monitoring. In *Printsipy i metody geosistemnogo monitoringa* [Principles and Methods of Geosystem Monitoring]. Moscow: Nauka Publ., 1988, pp. 89–96. (In Russ.).
- Reprezentativnye i eksperimental'nye basseiny. Mezhdunarodnoe rukovodstvo po issledovaniyam i praktike* [Representative and Experimental Pools. An International Guide to Research and Practice]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1971. 428 p.
- Shcherbakov A.P., Vasenev I.I. Tasks and prospects of precision farming in Russia. In *Sovremennye problemy zemledeliya i ekologii* [Modern Problems of Agriculture and Ecology]. Kursk, 2002, pp. 15–21. (In Russ.).
- Sukhanovskii Yu.P. Methods for modeling erosion processes and the foundations of the formation of anti-erosion complexes. *Extended Abstract of Doctoral Sci. (Agr.) Dissertation*. Kursk: All-Russian Research Institute of Farming and Soil Protection from Erosion, 2000. 40 p.
- Sukhanovskii Yu.P., Piskunov A.N., Sanzharova S.I. *Komp'yuternaya model' dlya rascheta srednemnogoletnikh poter' pochvy, obuslovlennykh dozhdovoi eroziiei i eroziiei pochvy pri vesennem snegotayanii* [Computer Model for Calculating Average Long-Term Soil Losses

- Caused by Rain Erosion and Soil Erosion during Spring Snowmelt]. Kursk: VNIIZiZPE, 2009. 50 p.
- Vodnyi balans osnovnykh ekosistem Tsentral'noi lesostepi* [Water Balance of the Main Ecosystems of the Central Forest-steppe]. Moscow: Inst. Geogr. Akad. Nauk SSSR, 1974. 281 p.
- Yasinskii S.V. Geoecological analysis of anthropogenic impacts on the catchments of small rivers. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2000, no. 4, pp. 74–82. (In Russ.).
- Yasinskii S.V., Gusev E.M. Dynamic-stochastic modeling of spring slope runoff in small drainage areas. *Eurasian Soil Sci.*, 2003, vol. 36, no. 7, pp. 761–774.
- Yasinskii S.V., Gusev E.M., Kashutina E.A. The efficiency of agrotechnical practices for the control of hydrological processes on small catchment areas during spring snow melting. *Eurasian Soil Sci.*, 2008, vol. 41, no. 3, pp. 286–293.
- Yasinskii S.V., Kashutina E.A., Sidorova M.V., Narykov A.N. Anthropogenic load and the effect of drainage area on the diffuse runoff of nutrients into a large water body: Case study of the Cheboksary reservoir. *Water Resour.*, 2020, vol. 47, pp. 810–827. doi 10.1134/S009780782005022X