

УДК 504.53

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССОВ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ И СИСТЕМ ПОЧВОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Т.Б. АГАЕВ<sup>1</sup>, А.В. САДОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ЭКОЛОГИИ  
И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

<sup>2</sup>МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ

В статье рассмотрены вопросы понятийной структуры процессов водной эрозии почв (ВЭП) и систем почвозащитных мероприятий (СПМ), а также мониторинга данных процессов и мероприятий. Приведены основные принципы мониторинга, а также дано обоснование наземного аэрокосмического мониторинга ВЭП и СПМ.

**Ключевые слова:** водная эрозия, почвозащитные мероприятия, мониторинг.

### ПРОЦЕССЫ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ИХ РЕГУЛИРОВАНИЯ

После бурного развития мелиорации земель, пик которого пришелся на 70-е гг. в середине 80-х гг. XX в., особенно во второй их половине, наступило разочарование в связи с неоправдавшимися надеждами на быстрое решение продовольственной программы страны за счет этих мероприятий, а также в связи с рядом негативных экологических последствий – развитием процессов эрозии почв, засоления, стилизации, осолонцевания, вызывающих падение их плодородия.

Проведенные исследования в различных регионах страны подтвердили существенное неблагополучие во многих сельскохозяйственных массивах. В этой связи возникли сомнения и острые дискуссии о правильности проводимых программ мелиорации земель, широко освещавшиеся в научной и общественно-политической печати. Но, несмотря на участие в этих дискуссиях широкого круга ученых и практиков серьезного анализа причин просчетов сделано не было. Для этого требовались специальные исследования, задачей которых является разработка экологических основ мелиорации земель, включающих разработку систем почвозащитных (противоэрозионных) мероприятий (СПМ). С этой целью привлечен и теоретически

### THE METHODOLOGICAL CONCEPT OF MONITORING OF PROCESSES OF WATER ER

T.B. AGAEV, A.V. SADOV

In article questions of conceptual structure of processes of water erosion of soils and systems of soil-protective actions, and also monitoring of the given processes and actions are considered. Main principles of monitoring are resulted, and also the substantiation of land space monitoring is given.

**KEYWORDS:** water erosion, soil-protective actions, monitoring.

обобщен огромный экспериментальный научный и производственный материал, освещающий проблему с разных сторон. В основу концепции положены труды русской классической школы, рассматривающей Природу (природные объекты) как единое и неделимое целое (В.И. Вернадского, А.И. Воейкова, В.В. Докучаева, В.Р. Вильямса, А. Н. Костякова и др.) в ее эволюционном развитии.

Теоретические основы мелиораций (в том числе противоэрозионных) изложены в работах А.Н. Костякова. Опираясь на учение В.В. Докучаева [1–3] и В.Р. Вильямса [4], он указывал, что важнейшей задачей земледелия и мелиорации является управление круговоротом воды и зольных питательных элементов. Надо создавать необходимый для растений водный, воздушный, питательный и тепловой режимы, которые в свою очередь будут определять и оптимальный режим гидроденудационных процессов (ГДП) в каждой критической зоне, при этом, не допуская перехода питательных веществ из почвы в геологический круговорот, а извлекать их из него.

Таким образом, А.Н. Костяковым была поставлена проблема управления малым биологическим и через него большим геологическим круговоротом воды, элементов, ионов, веществ. Целью управления является сохранение

или повышение плодородия почв и поддержание благоприятной экологической обстановки в целом.

Однако в теоретическом обосновании современных почвозащитных (противоэрозионных) мелиораций эта проблема не получила должного развития, а в практике строительства и эксплуатации СПМ о ней забыли полностью.

Экологические аспекты данной проблемы связаны с угрозой устойчивости биосферы и падения плодородия почв и возникли в связи с антропогенными воздействиями на ОПС, в числе которых процессы ВЭП являются весьма мощными. Это воздействие по своей силе соразмерно с геологическими факторами, изменяющими динамическое равновесное состояние естественных процессов денудации. Например, только за последние 50 лет вынос продуктов ВЭП в Мировой океан возрос примерно в 20 раз. Если в 40–50-х гг. XX в. он достиг уже 24 млрд т, то к 2000 г. вышел на уровень 55–60 млрд т [5–6].

Падение плодородия почв из-за проявления ВЭП, а также других процессов является результатом нарушения сбалансированности природных экосистем, приводящего к негативным изменениям биосферы и общему уменьшению биомассы. Повышение интенсивности ВЭП опасно для всего живого и, прежде всего, для человека. Большая экологическая значимость регулирования ВЭП состоит в противостоянии экологически негативным техногенным явлениям на основе глубокого познания закономерностей формирования и проявления ВЭП.

Среди них огромная роль принадлежит режиму интенсивности ВЭП под естественной и культурной растительностью, контроль за регулированием которого является одной из важных задач современного эрозиоведения.

В этой связи новый концептуальный подход к регулированию режима ВЭП [7–11] заключается в ориентации всей хозяйственной деятельности на использование закономерностей ритмических колебательных изменений всех природных факторов, в том числе процессов ВЭП, определяющих режим ГДП. При обосновании проектов адаптивно-ландшафтной (АЛСПМ) системы почвозащитных мероприятий в одной цепи должны быть прогностические и ретроспективные расчеты амплитуд интенсивности процессов ВЭП и длительности их ритмов, ритмов атмосферных осадков и испарения и т.д. Должны рассматриваться изменения интенсивности ВЭП под влиянием естественных и искусственных факторов в ландшафтных зонах бассейнов рек и оцениваться количественные изменения показателей предельно-допустимой интенсивности ВЭП (Мпди). Это позволяет предвидеть направленность изменений интенсивности ВЭП в зависимости от типа почв и величины атмосферных осадков, а также хозяйственного использования земель.

Таким образом, экологические принципы регулирования режимов ВЭП в сельскохозяйственной зоне базируются на разработанной теоретической концепции о структуре и функционировании природно-антропогенной гидроденудационной системы (ГДС) и тех изменениях природных ритмов, которые вносит хозяйственное освоение и использование земель [10, 11]. На каждом уровне ГДС выделяются характерные показатели, по которым оцениваются экологически доступные отклонения ГДП (в том числе ВЭП) от природных ритмов посредством разработанных критериев на:

- глобальном (материковом) уровне – показатель скорости эрозии ( $M_e$ ) в см/1000 лет и показатель химического стока ( $M_x$ );
- зональном (региональном) уровне – показатели стока взвешенных наносов ( $r, R$ , кг/с), в том числе химического стока ( $R$ , кг/с);
- локальном уровне – показатели сезонной ( $M_{ср}$ ), годовой ( $M_{гг}$ ) и предельно-допустимой ( $M_{пди}$ ) интенсивности процессов ВЭП.

Принципы регулирования режимов процессов ВЭП с учетом экологических требований заключаются в следующем на:

- глобальном уровне на территории материков, включающих бассейны крупных рек, располагающихся в различных ландшафтно-географических зонах, необходимо сохранение и поддержание экологически благоприятных естественных режимов ГДП;
- региональном уровне в результате регулирования процессов ВЭП негативное суммарное воздействие на величину интенсивности процессов ВЭП в бассейнах рек не должно превышать более 25–30% у максимальных значений амплитуды ритмически изменяющихся объемов стока взвешенных наносов (цикл 30–40 лет). Превышение их вызывает трудно обратимые негативные сдвиги сложившегося экологического равновесия;
- локальном уровне главным принципом регулирования является снижение интенсивности процессов ВЭП ( $M_{гг}$ ) на склонах с естественной и культурной растительностью до предельно допустимых значений ( $M_{пди}$ ) и, следовательно, уменьшение потоков химических веществ и питательных элементов в речные системы и повышения плодородия почв, посредством внедрения АЛСПМ.

#### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ О АЛСПМ

Основой понятия АЛСПМ служит описание выполняемых ими функций и перечень включаемых в них мероприятий и объектов, приведенных в трудах классиков-эрозиоведов [12–16 и др.] в техническом отношении АЛСПМ выполняют следующие функции:

- обеспечение защиты поверхности почв от механического воздействия дождевых капель и склонового поверхностного стока (СПС);

- превращение воды из состояния тока на склонах с естественной растительностью и различными сельскохозяйственными культурами в состояние оптимальной почвенной влажности;
- удаление избыточной почвенной влаги на склоновых землях путем превращения ее в состояние токов.

При рассмотрении общей структуры АЛСПМ становится понятна их задача, которую можно решить схематически, разделив все мероприятия и сооружения, входящие в АЛСПМ на две составные части:

- регулируемую, обеспечивающую защиту почв и оптимальную влажность почвы на удочащаемой площади для возделываемых культур и предотвращающую возможность возникновения СПС;
- проводящую, обеспечивающую защиту почв и транспортировку излишней воды на склонах в нужных количествах и в нужных направлениях без нанесения ущерба склоновым землям.

Регулирование ВЭП посредством АЛСПМ следует вести на генетической основе, т.е. на основе установления причин возникновения и формирования ВЭП

и нахождения методов для устранения этих причин. Только при такой постановке вопроса регулирование ВЭП посредством АЛСПМ будет ещё более эффективной и рациональной.

На основании изложенного предлагается следующая иерархия систем сельскохозяйственного использования земель (рис. 1). На верхнем уровне находится система производства продукции на эрозионноопасных и эродированных землях, которая включает СХП и АЛСПМ, как единое целое и которая адаптирована не только к природным, но и к производственным факторам.

Как показал анализ технических проектов систем, такая структура не противоречит практике, хотя не всегда осознается специалистами. Например, довольно часто освоение целинных и залежных земель в некоторых регионах страны начиналось с создания СХП, и только через некоторое время, в связи с активизацией ВЭП, проводились те или иные противоэрозионные мероприятия.

В настоящее время контроль за качеством состояния АЛСПМ должен осуществляться посредством мониторинга за процессами ВЭП и АЛСПМ.

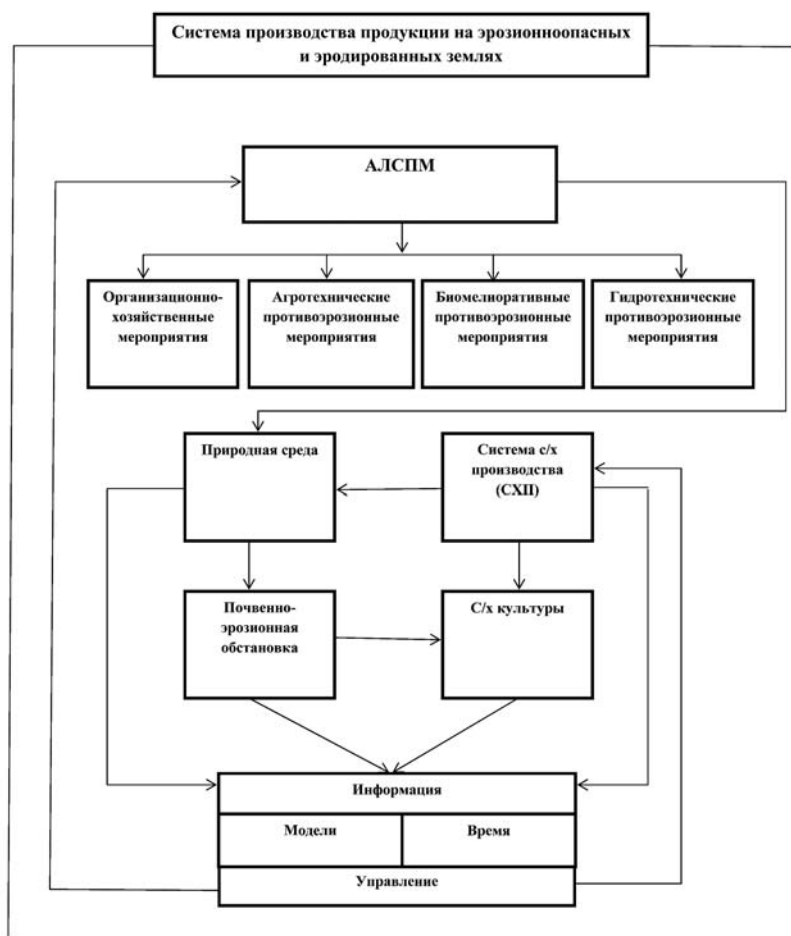


Рис. 1.

Система производства продукции на эрозионноопасных землях

### ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ «МОНИТОРИНГ»

Термин «мониторинг» происходит от латинского «monitor», что переводят, как «наблюдающий», «предостерегающий» [19]. В экологии термин «мониторинг» появился перед проведением конференции ООН по окружающей среде (Стокгольм, 1972).

В 80-х гг. XX в. проблемами мониторинга стали заниматься, главным образом, экологи (геологи, географы, метеорологи, биологи, гидрологи), не владеющие инженерно-техническими знаниями и вследствие этого лишенные возможности осуществлять основную функцию мониторинга – управление окружающей природной средой (ОПС), так как она требует разработки соответствующих инженерных решений. В результате задачи мониторинга стали сводиться, главным образом, к слежению за состоянием компонентов ОПС в отрыве от функционирования инженерных сооружений. Все более возрастающий глобальный экологический кризис, охвативший практически все сферы взаимодействия природы и общества, является своеобразным сигналом для выработки иного, по сравнению с существующим, подхода к мониторингу ОПС.

В нашем случае теоретической платформой может служить понятие «система почвозащитных мероприятий» (СПМ), как объекта сознательной деятельности человека, обеспечивающего экологически обоснованное использование земельных ресурсов и повышение урожайности с/х культур. Мониторинг должен выйти за рамки слежения за динамикой того или иного компонента ОПС (в данном случае – динамики, интенсивности, форм и стадий проявления ВЭП) и подняться на уровень управления процессами ВЭП и состоянием всех элементов СПМ.

В настоящее время, нами предлагается осуществлять мониторинг применительно к функционированию склоновых гидротехнических противозерозионных сооружений (СГПС) в двух аспектах: мониторинг изменений ОПС в результате строительства и эксплуатации СГПС и мониторинг состояния СГПС под влиянием процессов ВЭП в результате воздействия на них, в том числе и на почвы. Последующий опыт исследований в данном направлении существенно расширил бы эти представления, поскольку были бы разработаны методы, обеспечивающих получение статистической, динамической и прогнозной информации о состоянии элементов СПМ, в частности, СГПС при различных режимах их функционирования.

Таким образом, понимая под мониторингом систему оперативного контроля за интенсивностью ВЭП, состоянием компонентов СПМ и управления ими, мы считаем его методологической основой обоснования создания и функционирования СПМ на всех этапах «жизни» сооружений, начиная от проектирования до реконструкции.

Суть концепции мониторинга СПМ коренным образом изменяет сложившиеся представления о за-

дачах и технологии почвенно-эрозионных изысканий. Ее можно выразить в виде следующих условных принципов: комплексность, систематичность и периодичность, полигонный характер исследований, автоматизация обработки данных.

Комплексность. Существующее положение о проведении трех типов изысканий: инженерно-геодезических, почвенно-эрозионных и гидрометеорологических в целом корректировке подлежать не может. Однако в состав изыскательских работ необходимо включать исследования всех природных компонентов, влияющих на состояние СПМ: приземных слоев атмосферы, почвенно-растительного покрова, водных объектов, рельефа, горных пород и подземных вод. Поэтому в состав изыскательских партий и экспедиций помимо эрозиоведов, геодезистов, гидрологов, должны входить географы-ландшафтоведы, почвоведы, геохимики. Задачей этих специалистов является оценка состояния, прогноз и контроль изменения компонентов природной среды под влиянием строительства и эксплуатации создаваемой СПМ.

Систематичность и периодичность. В соответствии с применяемой технологией проектно-изыскательских работ все исследования, связанные с оценкой природных условий районов предполагаемого строительства выполняют в предпроектный и проектный периоды, причем объемы и детальность изыскательских работ возрастают прямо пропорционально сменяющим друг друга стадиям проектирования: минимальные – на стадии предпроектных разработок, максимальные – на стадии рабочего проектирования.

Полигонный характер исследований. В настоящее время в стране определены регионы, в пределах которых за последние годы развернуто интенсивное строительство, которое в обозримом будущем будут расширять. К таким регионам, в первую очередь, относятся аграрно-промышленные комплексы, где проблемы комплексного хозяйственного освоения еще далеки от своего полного разрешения. Именно поэтому в последние годы в связи с обострившимся экологическим кризисом, в стране существует ряд регионов, где решение экологических проблем требует коренного пересмотра хозяйственной инфраструктуры, что будет связано со строительством новых и реконструкцией старых водохозяйственных, энергетических, рекреационных и социально-культурных комплексов, и, конечно, внедрения СПМ в целях эффективного использования земельных ресурсов. Все это потребует принципиально нового подхода к информационному обеспечению этих преобразований, с упором на получение обоснованных прогнозов функционирования СПМ. В пределах каждого такого региона целесообразно выбрать типичный полигон, на территории которого находились бы СПМ в различных стадиях функционирования: проектируемые, строящиеся, эксплуатируемые, реконструируемые. В пределах вы-

бранных полигонов должны осуществляться режимные комплексные исследования состояния СПМ на основе принципов комплексности, системности и периодичности.

Автоматизация обработки данных. Организация базы данных мониторинга СПМ предполагает автоматизированную обработку результатов исследований. При этом следует исходить из того, что банки данных о функционировании СПМ должны базироваться не на исходной информации (аэрокосмических снимках и фактических данных наземных исследований), а на продуктах их тематической обработки (тематических картах, схемах и графиках, отражающих различные состояния СПМ и их компонентов). Информационную базу данных целесообразно формировать последовательно на трех уровнях сбора информации, определяющих содержательную структуру и отражающих динамику состояния СПМ (рис. 2).

*Ландшафтно-индикационные исследования.* ЛИИ занимают центральное место в комплексе методов наземного обоснования аэрокосмического мониторинга. Это связано с тем, что, с одной стороны, ЛИИ составляют теоретическую основу дешифрирования аэрокосмических изображений, а с другой – являются наиболее информативным методом получения экспресс-геоинформации при минимальной трудоемкости [17–24 и др.].

*Морфометрический анализ рельефа.* Морфометрические построения связаны со специальным анализом геометрии рельефа. С их помощью получают количественные характеристики, позволяющие судить об амплитудах, скоростях, кинематике и энергии релье-

фообразующих процессов, что, с одной стороны дополняет и обосновывает данные дешифрирования аэрокосмических изображений, а с другой, подготавливает их для использования в инженерных целях, так как конечным результатом морфометрических построений является система количественных показателей.

#### РЕЖИМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА СТАЦИОНАРНЫХ ПЛОЩАДКАХ

Из сказанного выше становится вполне понятно, что реализация теоретической схемы мониторинга «процессы ВЭП-динамика-прогноз» неосуществима без проведения многолетних режимных исследований, основной задачей которых являются наблюдения за интенсивностью процессов ВЭП и состоянием СПМ.

Режимные исследования для решения задач аэрокосмического мониторинга бывают двух видов: кратковременные, синхронные с аэрокосмическим зондированием, и длительные, производимые в периоды между аэрокосмическими зондированиями.

Кратковременные режимные исследования выполняют для получения точных количественных данных об интенсивности ВЭП и состоянии СПМ, о влажности и температуре почв и грунтов, суточная и сезонная изменчивость которых определяет динамику характера фотоизображений ландшафтов, в зависимости от времени производства аэрокосмического зондирования. Подобный вид режимных исследований необходим для обоснования результатов дешифрирования материалов специальных АФС, выполняемых для оценки состояния СПМ и ОПС.

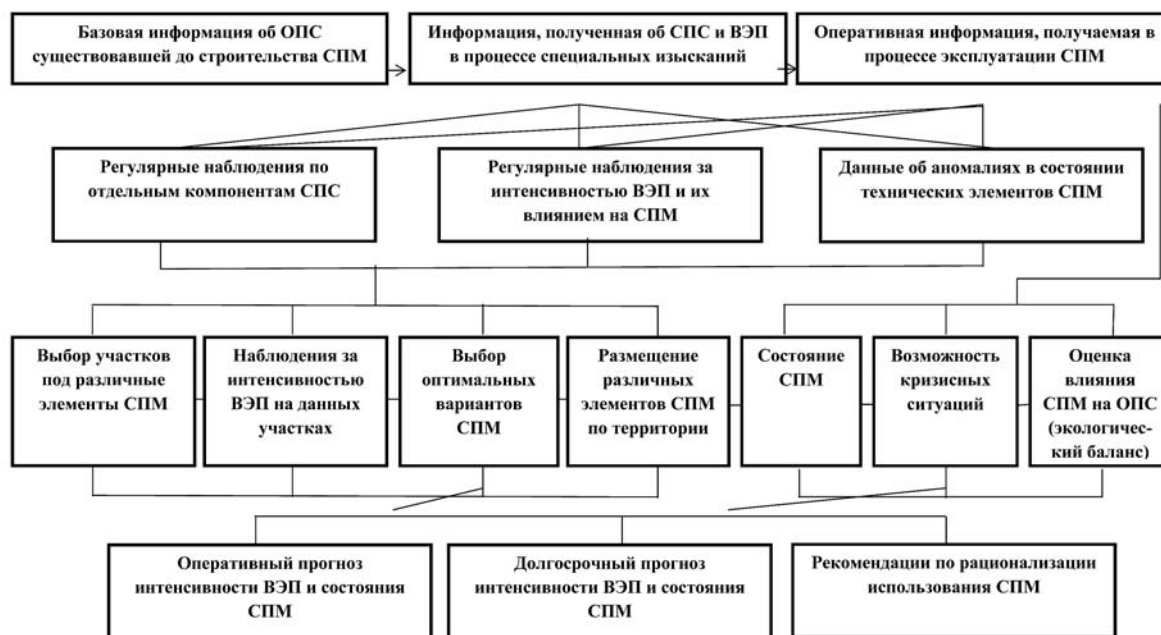


Рис. 2.

Структура информационной базы данных мониторинга интенсивности процессов ВЭП и СПМ

Особенно актуальны подобные исследования для обоснования интерпретации материалов ТИКАС, позволяющей получать тепловые изображения без конкретной температурной привязки, а связи с чем необходимо синхронное с ней выполнение температурных замеров объектов съемки.

Режимные исследования длительного характера необходимы для получения точных данных о динамике ВЭП и состоянии СПМ под влиянием природных и техногенных факторов. При этом при наблюдениях за состоянием в развитии тех или иных природных процессов и явлений в районах предполагаемого и ведущегося строительства СПМ можно решать задачи как чисто экзодинамического характера, так и связанные с оценкой динамики состояния СПМ в процессе их эксплуатации, особенно в экстремальных условиях (климатические аномалии, сейсмические дислокации и т. д.).

В первом случае стационарные площадки оборудуют на участках активного проявления процессов ВЭП. Во втором – на участках неравновесного состояния СПМ. Результаты режимных исследований на стационарных площадках используют для оценки динамики интенсивности процессов ВЭП и состоянием СПМ, корректировки прогнозов их функционирования и обоснования мероприятий по инженерной защите. Структура наземного обоснования аэрокосмического мониторинга ВЭП и СПМ показана на рис. 3.

В пределах каждой стационарной площадки осуществляют комплексные исследования, которые можно подразделить на опорные – разовые и выполняемые периодически, т.е. режимно. Например,

для наблюдений за динамикой склоновых процессов ВЭП в качестве опорных методов помимо общего ландшафтно-геоморфологического описания склона и изучения его разреза, можно применять экспресс-методы оценки интенсивности и скорости развития процессов ВЭП (в частности, методы искусственного дождя склонов, реперов и др.).

В качестве экспресс-методов получения количественных данных режимного характера о состоянии и динамике элементов СПМ, в том числе и экзодинамических условий, применяют разнообразные экспериментальные способы оценки смещений почвенного покрова на склонах и отдельных крупнообломочных разностей, измерений, основанных на улавливании снесенного или обрушившегося материала, выявления деформации элементов противоэрозионных конструкций и сооружений. Основным требованием, предъявляемым к выбору методов, является простота и экономичность их выполнения. Среди методов оценки смещений склонового чехла и отдельных крупнообломочных разностей следует отметить фототеодолитную съемку и разнообразные приемы наземного геодезического контроля.

Для определения интенсивности склоновой денудации и овражной эрозии используют также метод овражных уловителей. В основе его лежит задержание твердого стока наблюдаемых оврагов с помощью фильтрующей плотины или лотка и периодическое измерение объема накопившегося материала путем повторного нивелирования предварительно закрепленных профилей и сравнения этих данных с предыдущими. Через плотность вычисляют массу снесенного мате-

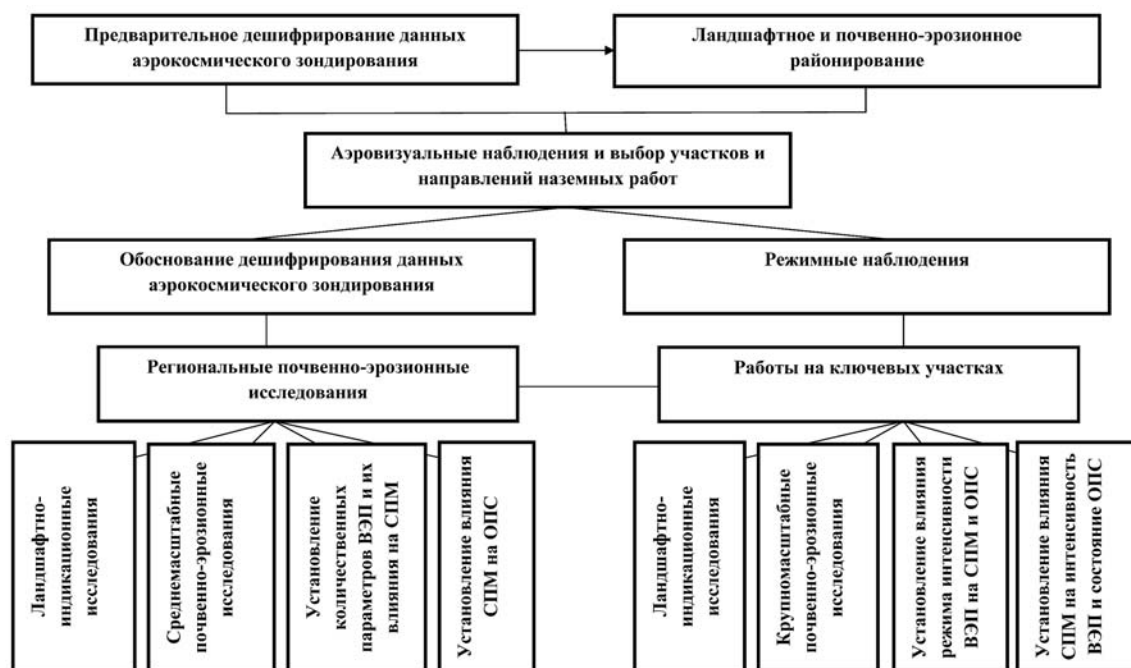


РИС. 3.

Структура наземного обоснования аэрокосмического мониторинга ВЭП и СПМ

риала. Эта величина, отнесенная к площади оврага, характеризует среднее отступление поверхности по массе за время измерения.

Таким образом, существуют различные вариации стационарных, методов наблюдений за динамикой процессов ВЭП и состояния СПМ. Выбор той или иной комбинации этих методов или их модификаций с учетом специфики решаемых задач определен конкретными условиями проведения почвенно-эрозионных исследований, их сроками, объемами финансирования и направленностью.

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА МОНИТОРИНГА СПМ

Весь предшествующий материал подготавливает нас к восприятию мысли о том, что мониторинг должен выйти за рамки слежения за динамикой форм и стадий проявления процессов ВЭП и состояния СПМ, включающих склоновые гидротехнические

противоэрозионные сооружения (СППС) и подняться на уровень управления СПМ, призванных регулировать процессы ВЭП.

Проанализировав структурную схему (рис. 4), можно заметить, что мониторинг состоит из 2-х блоков: оперативного контроля за состоянием и управления состоянием СПМ.

На начальных этапах мониторинга процессов ВЭП и состояния СПМ функционирует только первый блок, обеспечивающий получение информации. Но мере создания базы данных включается второй блок этой схемы, а в процессе дальнейшего функционирования наступает фаза сопряженного осуществления функций контроля и управления.

Поэтому мы далеки от мысли о том, что сфера применения, допустим, аэрокосмических методов мониторинга ограничена лишь задачами блока оперативного контроля, хотя такое мнение среди спе-

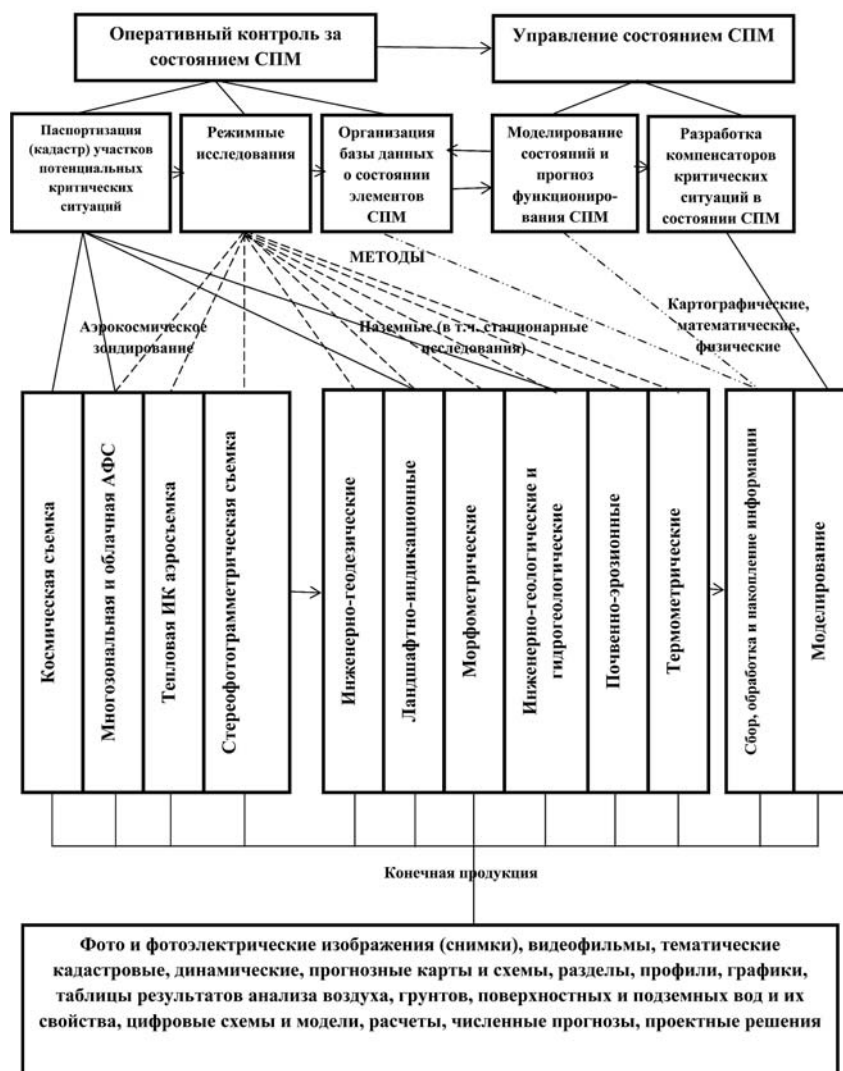


РИС. 4.

Структурная схема мониторинга СПМ

циалистов существует. Точно так же, как не считаем, что управление состоянием СПМ – сфера только расчетных методов. Возможности рассмотренных выше аэрокосмических и наземных методов мониторинга, в том числе и картографической обработки данных, позволяют считать, что они применимы на всех его этапах и стадиях, в том числе и на конечных, связанных с разработкой управленческих решений.

Из рисунка 4 видно, что практически на всех стадиях исследований, выполняемых при создании и функционировании почвозащитных инженерных сооружений, применяют определенные виды аэрокосмических и наземных изысканий. В частности, на этапе ТЭО строительства СГПС, когда сравнивают конкурирующие варианты размещения сооружений, в качестве ведущих методов изысканий наиболее эффективно применение КФС в сочетании с ландшафтно-индикационными, инженерно-геологическими почвенно-эрозионными рекогносцировочными исследованиями, а на этапе проектирования – МАФС района предполагаемого строительства в сочетании с комплексными наземными исследованиями.

Если при разработке ТЭО использование материалов КФС может значительно снизить объемы наземных рекогносцировочных изысканий и обосновать наиболее рациональное проведение и размещение объемов наземных изысканий на последующей стадии, то при изысканиях на стадии проектирования применение МАФС не столько способствует сокращению объемов наземных работ, сколько используется, как дополнительный метод, обеспечивающий повышение полноты и достоверности информации. Поэтому, говоря о стоимости изыскательских работ, не следует уповать на ее снижение за счет применения МАФС, что, скорее всего, будет сопровождаться некоторым их удорожанием за счет проведения аэросъемки и обработки ее материалов.

В сфере строительства СГПС комплексное аэрокосмическое зондирование (с акцентом в сторону МАФС, АФС и ТИКАС) может стать одним из способов повышения безопасности строительных работ и обоснования мероприятий по инженерной защите сооружений и земельных ресурсов, целесообразность в которых часто возникает в ходе строительства.

В сфере эксплуатации СГПС возможности комплексного аэрокосмического зондирования сводятся к обеспечению оперативного контроля состояния функционирования СПМ.

В табл. 1 приведены критерии оценки состояния СПМ при проявлении процессов ВЭП. Согласно данным критериям, оценка производится по опасности состояния СПМ, состояния инженерной защиты и устойчивости.

Организационно мониторинг СПМ повторяет научную схему «статика – динамика – прогноз». Его реализую через 3-и этапа: паспортизацию объектов,

стационарные исследования, моделирование и прогноз функционирования СПМ при различных режимах их эксплуатации.

Паспортизация (кадастр) осуществляется в отношении источников потенциальных критических ситуаций в состоянии СПМ и в зоне её влияния на среду обитания. В процессе паспортизации по заранее разработанным формам устанавливают типы возможных дискомфортных ситуаций, причины и факторы, способные их вызвать формы и масштабы проявления, элементы СПМ, нуждающиеся в инженерной защите, рекомендации по видам и объемам режимных исследований по слежению за их состоянием. По результатам кадастрового картографирования определяют типы, количество, местоположение и границы участков возможных критических ситуаций в состоянии СПМ. Паспорт каждого участка должен содержать соответствующую карту его состояния, включающую в себя характеристику всех компонентов исследуемой СПМ с точки зрения их взаимосвязи и взаимообусловленности. Паспортизацию осуществляют на

ТАБЛИЦА 1.

Критерии оценки состояния СПМ

Категория	Определение
<b>Опасность состояния</b>	
Опасная	Состояние СПМ, при котором развитие в ОПС процессов приводит к нарушению динамического равновесия и способствует возникновению критических ситуаций в её эксплуатации
Относительно опасная	Состояние СПМ, при котором развитие в ОПС процессов приводит к нарушению динамического равновесия и может способствовать возникновению критических ситуаций в её эксплуатации
Безопасная	Состояние СПМ, при котором развитие в ОПС процессов не может привести к нарушению динамического равновесия
<b>Состояние инженерной защиты</b>	
Неудовлетворительная	Уровень обеспечения СПМ средствами инженерной защиты при опасном и относительно опасном состоянии СПМ недостаточный для обеспечения её безаварийного функционирования
Удовлетворительная	Уровень обеспечения СПМ средствами инженерной защиты при опасном и относительно опасном состоянии СПМ достаточный для обеспечения её безаварийного функционирования
<b>Устойчивость</b>	
Неустойчивая	Сочетание опасных участков СПМ с неудовлетворительным состоянием или отсутствием инженерной защиты
Относительно устойчивая	Сочетание относительно опасных участков СПМ с неудовлетворительным состоянием или отсутствием инженерной защиты
Устойчивая	Сочетание участков СПМ любой категории опасности с удовлетворительным состоянием инженерной защиты



основе анализа аэрокосмических материалов в диапазоне масштабов 1:25 000–1:200 000. аэровизуальных и наземных рекогносцировочных обследований в комплексе с обобщением данных региональных геолого-географических и почвенно-эрозионных исследований.

На втором этапе мониторинга целесообразно осуществлять режимные исследования на участках прогнозируемых дискомфортных ситуаций. В их пределах необходимо выполнять:

- ежегодные аэровизуальные обследования по выявлению изменений в состоянии СПМ, зафиксированных в паспорте участка;
- аэрофотосъемка масштабов 1:5000–1:25 000, в том числе многозональные;
- тепловые инфракрасные аэросъемки масштабов 1:10 000–1:25 000 (там, где это необходимо);
- комплексные стационарные наземные геоморфологические, ландшафтно-индикационные инженерно-геологические, термометрические, гидрологические и почвенно-эрозионные исследования, осуществляемые в экспресс-варианте синхронно с аэросъемочными работами.

Результаты режимных исследований после обработки должны быть зафиксированы в паспортах участков с обязательным составлением дежурных карт состояния СПМ на момент исследования с приложением к ним соответствующих аэро- и наземных фотоэталонов. Возможно отражение изменчивости состояния участка на базовой карте его паспорта (при незначительных изменениях ситуации в целом или одного-двух компонентов).

В процессе многолетних режимных исследований паспорт каждого режимного участка дополняют. Он включает в себя следующие материалы:

- кадастровую карту состояния участка СПМ;
- ландшафтно-индикационную карту;
- карту динамики состояния СПМ и интенсивности ВЭП на участке;
- фототеку эталонов элементов СПМ и ВЭП в динамике с обязательными аэро- и наземными изображениями ее различных состояний;
- документы с анализом факторов, определяющих изменчивость состояния элементов СПМ.

На третьем этапе мониторинга осуществляют картографическое и математическое моделирование состояний и прогноз функционирования СПМ при различных режимах ее эксплуатации. Моделирование состояний СПМ направлено на функционирование (и поддержание ее) в условиях динамического равновесия природных и технических компонентов, т.е. состояния устойчивости. При этом устойчивость определяется, как способность системы осуществлять свои функции на определенном уровне, не выходя за режим критических значений параметров иол воздействием возмущающих факторов.

Исходя из этих соображений, первичной моделью состояния СПМ является прогнозно-оценочная карта, представляющая собой информационную базу данных для расчетов вероятности возникновения критических ситуаций в состоянии СПМ при различных режимах эксплуатации в виде определенных форм математического моделирования. Проработка этого вопроса находится пока на начальной стадии. Специфической особенностью данного и завершающего этапа мониторинга является то, что в структуре прогнозно-оценочных карт, которые мы рассматриваем в качестве моделей состояния СПМ и интенсивности ВЭП заложены управляющие элементы. Последнее важно в связи с необходимостью создания банков данных о функционировании СПМ, которые мы основываем не на первичной исходной информации (аэрокосмических снимках, данных наземных режимных исследований), а на продуктах их тематической картографической и цифровой обработки.

Возможность реализации системы мониторинга на всех этапах создания и функционирования СПМ, начиная от предпроектных разработок до их реконструкции, возводит картографирование на новый уровень, обеспечивая картам СПМ роль одного из важнейших инструментов управления их состоянием. Это обеспечивает повышение качества проектирования и строительства за счет снижения вероятности возникновения аварийных ситуаций.

Выполненный анализ позволяет обосновать необходимость изменения сложившихся представлений о технологии проектно-изыскательских работ путем значительного увеличения удельного веса предпроектных многовариантных разработок и проведения специальных проектно-изыскательских работ в период временной эксплуатации построенных СПС для обоснования мероприятий по обеспечению равновесного состояния СПМ. Речь идет о расширении сферы проектно-изыскательских работ в обе стороны от сложившихся рамок их технологии и стадийности. Предпроектные разработки должны стать основой для определения инвестиций и моделирования новых СПМ с учётом социально-экологических факторов.

На основании изложенного авторы пришли к выводу, что за последние 25-30 лет в целом в науке (в том числе сельскохозяйственной и мелиоративной) произошли существенные продвижения в понимании современного взаимодействия человека и ОПС, их взаимного влияния. Нам представляется, что в настоящей работе сформированы основные концептуальные положения мониторинга процессов ВЭП и АЛСПМ, которыми необходимо руководствоваться при обосновании принятия решений по проектированию, строительству, эксплуатации и управлению АЛСПМ с учётом современной экологической ситуации в стране.

Из сказанного выше становится очевидным, что:

- АЛСПМ должна стать одной из основных составляющих развития СХП в эрозионноопасных реги-

- онах России, обеспечивающей: защиту почв, повышение плодородия почв; подъем и стабилизацию уровня производства; создание гарантированных запасов продовольствия и сырья; в значительной степени продовольственную безопасность страны.
- на современном этапе почвозащитного земледелия следует видеть в разумном дозировании и регулировании воздействия всех уровней (от глобально до локального);
  - это дозирование – регулирование возможно только при глубоком понимании законов природных процессов, определяющих сущность большого (геологического) и малого (биологического) круговоротов веществ и энергии на планете и тех экологических ограничений, которые ставят эти законы перед нашей деятельностью. Контроль и управление этой деятельностью должны осуществляться посредством аэрокосмического мониторинга, позволяющего получать качественную и количественную информацию о структуре исследуемых объектов и их параметров.
  - при ограниченности средств, выделяемых на развитие почвозащитного земледелия, их следует направлять, в первую очередь, в регионы и хозяйства, способные обеспечить быструю и высокую отдачу финансовых вложений в производство, переработку и реализацию продукции. Эти средства необходимо использовать для проведения ремонтных и эксплуатационных работ на АЛСПМ, технологических операций, реализации мероприятий по воспроизводству почвенного плодородия и защиты растений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **ДОКУЧАЕВ В.В.** Место и роль современного почвоведения в науке и жизни. Ежегодник по геологии и минералогии России, 1998. Т. 3.
2. **ДОКУЧАЕВ В.В.** Избранные сочинения. Т. 3. Картография, генезис и классификация почв. М., 1949.
3. **ДОКУЧАЕВ В.В.** Учение о зонах природы. М., 1998.
4. **ЛОЙКО П.Ф.** Земельный потенциал мира и России: пути глобализации его использования в XXI в. Учебное пособие, М., 2001.
5. **РОМАНЕНКО Г.А., ТЮТЮТНИКОВ А.И.** Книга земледельца. М. РАСХН, 1998. С.320.
6. **ВИЛЬЯМС В.Р.** Почвоведение. Собр. Соч. Т. 5. М., 1950.
7. **АГАЕВ Т.Б.** Процессы водной эрозии почв и научные основы их регулирования. Тр. АЗИНТИ. Сер. «Сельское хозяйство», Баку. 1990, Часть 1. 32 с.
8. **АГАЕВ Т.Б.** Методические рекомендации по расчету и размещению основных склоновых гидротехнических противоэрозионных сооружений по регулированию склонового поверхностного стока и процессов водной эрозии почв в горных условиях. АЗНИИГ и М, Баку, 1991, 64 с.
9. **АГАЕВ Т.Б.** Режимы процессов водной эрозии почв: задачи и методы изучения. В кн. «Проблемы экологии и природопользования Московской области». М.: МИИГА и К «ЭКМОС», РИДТЭ, 2001. 17–23 с.

10. **АГАЕВ Т.Б.** Разработка концептуальной модели природной гидроденудационной системы. Депонент «Вопросы мелиорации», №3–4, Мелиоинформ. М., 2003, 26 с.
11. **АГАЕВ Т.Б.** Теоретические основы формирования гидроденудационной системы и проявления процессов водной эрозии. Вестник РАЕН, Т. 11, № 5, 2011. С. 19–29.
12. **КАШТАНОВ А.Н., ЯВТУШЕНКО В.Е.** Агроэкология почв склонов. М.: Колос, 1997.
13. **КИРЮШИН В.И.** Экологические основы земледелия. М.: Колос, 1996.
14. **КИРЮШИН В.И.** Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа современной агротехнологической ноли гики России. Земледелие. 2000, №3.
15. **КОВАЛЕВ Н.Г.** и др. Формирование адаптивно-ландшафтной системы земледелия. Земледелие. № 5, 1999.
16. **КОВАЛЕВ Н.Г.** и др. Анализ компонентой природной среды при разработке моделей ландшафтно-адаптивных систем земледелия. Вестник РАСХН М., 2000.
17. Аэроландшафтно-индикационные методы при региональных инженерно-геологических исследованиях. Под ред. С.В. Викторова, А.В. Садова. М.: Недра, 1981.
18. **ВИКТОРОВ С.В.** Индикационные географические исследования. М.: Недра, 1966.
19. **ВИНОГРАДОВ Б.В.** Космические методы изучения природной среды. М. Мысль, 1976.
20. **ВОСТОКОВА Е.А.** Использование аэрокосмических фотоснимков при гидрогеологических исследованиях в пустынях. М.: Недра, 1980.
21. **ВОСТОКОВА Е.А., СУЩЕНЯ В.А., ШЕВЧЕНКО Л.А.** Экологическое картографирование на основе космической информации. М.: Недра. 1988.
22. Ландшафтная индикация природных процессов. Под ред. С.В. Викторова. М.: Наука, 1976.
23. **САДОВ А.В., РЕВЗОН А.Л.** Аэрокосмические методы в гидрогеологии и инженерной геологии. М.: Недра. 1979.
24. **САДОВ А.В., РЕВЗОН А.Л., ЧАЛИДЗЕ Ф.Н.** Изучение экзогенных процессов в районах крупных водохранилищ аэроландшафтным методом. М.: Недра, 1976.

**Агаев Тамерлан Балаевич**,  
д.т.н., президент Международной академии экологии и природопользования (МНАЭП)

✉ 105064, г. Москва, ул. Казакова, д. 15, офис 25,  
тел.: +7 (499) 131-97-89