

**Б.И. КОРЖЕНЕВСКИЙ, Н.В. КОЛОМИЙЦЕВ, Г.Ю. ТОЛКАЧЁВ**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», г. Москва, Российская Федерация

## **ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ ИХ РЕАБИЛИТАЦИИ**

*Выведение из использования за последние десятилетия значительных по площади сельскохозяйственных земель в Центральном регионе привело к ухудшению перспектив их использования по целевому назначению, хотя вопрос актуальности их восстановления сохраняется. Долгие годы неиспользовавшиеся земли подвергались воздействию как природных экзогенных процессов, таких, как эрозия, суффозия и др., так и биологическим и химическим изменениям, причем обычно в худшую для сельского хозяйства сторону. Рассматриваются элементы мониторинга, направленного на оценку перспективности или бесперспективности реабилитации деградированных земель. Представлен энергетический подход к оценке состояния склонов и находящихся в пределах этих склонов почв. Основными факторами природного и техногенного характера при оценке перспектив восстановления земель является их крутизна, превышение относительно местных базисов эрозии и прочие морфологические характеристики склонов, что в целом сводится к оценке энергетической оснащенности склонов и почв. Так, чем выше энергетическая оснащенность склонов, тем менее перспективными они являются для освоения. Для почв характерна обратная картина: чем выше их энергетические запасы, тем более перспективно их использование. Освещены подходы к районированию территории для мониторинга от более крупных таксонов природно-техногенного генезиса до участков спецнаблюдений, в пределах которых и оцениваются перспективы реабилитации сельскохозяйственных земель. Как наиболее важный фактор, отмечена материальная целесообразность подобных действий, то есть до начала работ по восстановлению необходимо оценить прибыльность или убыточность предполагаемого мероприятия. В случаях материальной целесообразности к дальнейшим действиям относятся энергетические оценки склонов и почв; районирование объекта по крутизне и ориентированным характеристикам смываемости почв; возможности оперативного получения агрометеоданных. Итогом работ является прогнозная оценка перспектив восстановления деградированных земель по предполагаемому целевому назначению с использованием современных баз данных и Web-систем.*

*Мониторинг, деградированные земли, реабилитация, техногенное воздействие, районирование, энергетические характеристики.*

**Введение.** В последние десятилетия значительное количество сельскохозяйственных земель по различным причинам было выведено из оборота в Европейской части Центральной России. Большая часть этих земель продолжает сохранять свой статус сельскохозяйственных и не использоваться по целевому назначению, незначительное количество переведено в земли поселений, и еще меньшее – в земли промышленного назначения. Сельскохозяйственные земли за время, пока они не использовались, в ряде случаев претерпели немалые трансформации: произошли как химические изменения наиболее плодородных зон (почв), так и их физические трансформации. К химическим следует отнести изменение

кислотности почв – весьма важного фактора урожайности, вызванного как природными, так и техногенными факторами. Физические изменения повлекли за собой как уплотнение наиболее плодородного почвенного слоя, так и проявление различных денудационных процессов, вызывающих смыв и прочие разновидности разубоживания почв.

Не следует забывать и о биологическом факторе. Наиболее сложное для реабилитации территории его проявление заключается в возникновении на сельхозугодьях древесной растительности и борщевика, борьба с которыми требует немалых затрат. Борщевик, несмотря на принимаемые меры, продолжает неплохо развиваться в некоторых областях Центральной России (фото).



Фото. Борщевик на обочинах дорог

**Общие положения.** Энергетика склонов и грунтов. В геодинамическом комплексе противодействуют две категории энергии: статическая – энергия прочностных связей, и энергия гравитации, направленная на разрушение этих связей. В склоновых процессах участвует и третий вид энергии – активационная, дополнительно вносимая в грунтовую толщу и активизирующая склоновые процессы [1]. Прочностные структурные связи являются отражением накопленной энергии в процессе осадконакопления и последующего естественного и техногенного метаморфизма грунтов. Энергия внутренних электромагнитных прочностных связей грунтов противостоит гравитационной энергии природных и техногенных отложений, попадающих на эти объекты, и равна количеству внешней энергии, необходимой для разрушения этих связей [2]. Внутренняя энергия нами оценивается как комплексный показатель прочности, вязкости, липкости и других характеристик, направленных на противодействие разрушению грунтов [3]. Гравитационная энергия – та, которую накопила грунтовая толща за время до обретения современного ее состояния. Энергия, которую необходимо сообщить объекту для преодоления потенциального барьера и начала перемещения вниз по склону (частиц грунта, блока или значительной части склона), является энергией активации и обычно привносится внешними факторами [4]. Применяемый специалистами термин «энергия рельефа» заменим термином «мощность рельефа», так как рельеф является отражением работы эндогенных и экзогенных факторов за геологическое время в совокупности с техногенным воздействием (ТВ). В общем

виде мощность рельефа представляется соотношением:

$$E_{\Pi} = A_{cb}/t_{cb} + A_o/t_o - A_b/t_b,$$

где  $E_{\Pi}$  – полная мощность рельефа;  $A_{cb}$  – работа, затраченная на установление связей;  $A_o$  – работа, затраченная на формирование этого геологического объекта;  $A_b$  – работа, затраченная на выветривание;  $t_{cb}$ ,  $t_o$  и  $t_b$  – время, в течение которого совершалась работа по установлению структурных связей, происходило формирование геологического объекта и выветривание соответственно.

Энергетическими аспектами миграции грунтов являются следующие аспекты. Устойчивость системы/объекта определяет их энергия связей ( $E_{cb}$ ). Чтобы началось разрушение (перемещение), необходима энергия  $E_{ак}$ . Для транспортировки отчлененных от больших меньших агрегатов также нужна дополнительная энергетическая составляющая. Пороговые значения можно представить следующими соотношениями:  $E_{cb} > E_{ак}$  – процессы денудации не происходят,  $E_{cb} < E_{ак}$  – процессы разрушения грунтовой толщи происходят. При равенстве этих параметров система сохраняет предшествующее состояние.

Характеристики почв обычно связаны с энергией, поступающей на склоны от солнца, и преобразуют энергию химических связей внутри молекул органических веществ. Значительный вклад в эти характеристики привносит и ТВ в виде распашек, внесения удобрений, поступления на склоны загрязнителей, вибро – и гравитационное уплотнение приповерхностной толщи и др. В целом же специалисты чаще всего используют два различных энергетических подхода [5-8] при оценке почв.

Следует обратить внимание и на группировку земель (на примере малой реки в Московской области) [9], которая в зависимости от крутизны склонов и среднего многолетнего смыва представлена следующими характеристиками: множество почвенных разновидностей должно быть сведено к минимальному числу внутренне однородных групп; эти группы должны иметь существенные агроэкологические различия.

Территория земель бассейна была разделена на шесть категорий, близких по рельефным, почвенно-эрозионным, гидрологическим и агротехническим условиям и по потребности в мелиорации.

**Категория 1** – это водораздельные и верхние части пахотных склонов с уклоном до 1°, местами до 2°, а также короткие

склоны (200-300 м). Почвы несмытые, могут быть с пятнами эродированных почв. Ежегодный средний многолетний смыв почвы стоком талых вод с зяби составляет 0,5-1,5 т/га.

**Категория 2** включает в себя средние части длинных пахотных склонов крутизной 2°-3°, преимущественно со слабосмытыми почвами, а также с комплексами несмытых и слабосмытых и пятнами среднесмытых почв. Поверхность склонов изрезана ложбинами. Ежегодный средний многолетний смыв почвы, вспаханной под зябь, стоком талых вод составляет 1,5-4 т/га.

**Категория 3** включает в себя нижние части склонов крутизной 3-5° и более. Поверхность склонов волнистая и изрезана частыми эрозионными ложбинами. Почвы преимущественно средне- и сильносмытые, и комплексы почв – разной смытости. На зяби ежегодный средний многолетний смыв составляет 4-9 т/га. Урожай сельскохозяйственных культур на удобренных почвах этой категории на 50-60% ниже, чем на землях категории 1.

**Категория 4** включает в себя участки склонов от 5 до 8° с сильносмытыми почвами, а также участки склонов, заброшенных в залежь ввиду сильного разрушения их эрозией. Ежегодный средний многолетний смыв стоком талых вод почвы, вспаханной под зябь, составляет 9-16 т/га.

**Категория 5** – долинно-балочные и овражные земли (уклон – более 8°). При распашке под зябь средний многолетний смыв почвы составляет более 16 т/га. Земли этого класса внесевооборотные – так называемого овражно-балочного комплекса.

**Категория 6** включает в себя все имеющиеся в хозяйстве лесные насаждения и защитные лесные полосы на сельскохозяйственных землях. Главное внимание должно быть обращено на повышение продуктивности этих насаждений. Все они имеют большое мелиоративное значение.

Примером оценки энергетических характеристик водосборных территорий малых рек приведём Любожиху в Серпуховском районе Московской области и Донховку в пределах Конаковского района Тверской области. Первая расположена на более древнем рельефе, обозначенным днепровским оледенением обладает более высоким уровнем противостояния  $E_{гр}$  и  $E_{св}$ , соответственно более крутыми врезами и показателями эрозионного смыва, иногда превышающими

десяток тонн в год с км<sup>2</sup>. Донховка расположена в пределах более молодого рельефа, определенного московским оледенением, мощность рельефа и уровень противостояния  $E_{гр}$  и  $E_{св}$  в пределах водосбора примерно на порядок ниже, чем на Любожихе, что определяет и существенно меньший, обычно не превышающий тонну с км<sup>2</sup> в год эрозионный смыв на этой территории.

Принципы районирования значительных природно-техногенных объектов для мониторинга приведены в работе [10] и сводятся к тому, что для обоснования выбора сети наблюдений выделены участки трех категорий по природно-техногенным признакам. Также обозначены участки IV категории для специальных наблюдений.

К участкам I категории относятся чаши водохранилищ с сопредельными склонами, на которых расположены промышленные и селитебные зоны, сельхозугодья и прочие техногенные объекты. На основании мониторинга на участках I категории выделяются участки II категории – те, на которых загрязнение ТМ и ДО представляет научный и экологический интерес, то есть участки, где фоновые значения по ТМ превышены существенно (в несколько раз). К участкам III категории отнесены условно чистые малые реки, роль которых в загрязнении, как правило, незначительна. В отдельных случаях при привносе ими чистых наносов происходит очищение загрязненных зон в водном объекте, в который они впадают. Малые реки со значительными промзонами целесообразно относить к участкам II или IV категорий. На участках спецнаблюдений – IV категории – могут изучаться как специально поставленные научные задачи, так и более детальные аспекты изучения объектов. Подобная типизация территорий применима и для рекультивируемых сельскохозяйственных территорий с незначительными изменениями и дополнениями.

**Принципы мониторинга.** Рассматриваемые далее объекты относятся к участкам IV категории, то есть категории спецнаблюдений. К оперативным элементам мониторинга при оценке перспектив восстановления деградированных земель следует отнести:

– экспресс-оценку стоимости восстановления объекта до рабочего состояния и экономическую целесообразность дальнейших действий. Такие оценки являются индивидуальными и зависят от многих

факторов: от культур, планируемых к выращиванию на рекультивируемых территориях, до размеров хозяйства (если участок с высокой ценой рекультивации занимает незначительный процент в площади восстанавливаемых земель, то возможно его освоение, в случае противоположных вариантов оно малоперспективно);

– экспресс-оценку энергетической насыщенности склонов и почв:

на положение участка относительно местного базиса эрозии, мощность почв, содержание подстилающей почву грунтовой толщи и др. при оценке энергетического потенциала почв обычно обращается внимание на энергию, запасенную в микробной биомассе, на энергию, запасенную в почвенном гумусе, на энергию, заключенную в органических остатках [11]. Принципы и методы получения этих данных приведены в работах [8, 12, 13].

– районирование территории по крутизне (группировка земель) [9] с использованием методов породных аналогов для участков с отсутствием необходимых наблюдений за последние годы. Приведенная группировка земель позволяет с некоторыми допущениями оценивать для серых лесных почв Центральной России величину смыва и, соответственно, потенциальный срок эксплуатации рекультивируемых земель в зависимости от толщи почвенного слоя (данные по смыву почв в зависимости от крутизны склонов известны и для других регионов [14, 15]);

– оперативную оценку агрометеоданных с использованием фондовых материалов и современных технических средств;

– предложение научнообоснованных рекомендаций по целесообразности или ее отсутствию для освоения рассматриваемых объектов. В этом направлении просматривается достаточно широкое поле деятельности, от визуальной и компактной литературной оценки исследуемой ситуации до более емкого, с использованием существующих баз данных и Web-систем, элементы которых приведены в работах [16-18];

– оценку variability агрохимических показателей, которые являются достаточно типичными для рассматриваемого региона, в том числе Нечерноземья, Поволжья, Центральной Черноземной зоны и др. [19].

В частности, в Воронежской области содержание аммонийного азота изменялось в течение года в несколько раз [20].

Существенно меняются и такие показатели, как кислотность, содержание гумуса, легкогидролизуемого азота, подвижного фосфора и других компонентов [21]. Сходные вариации почвенного плодородия отмечаются в обыкновенных черноземах Северного Кавказа, выщелоченных черноземах Поволжья; variability этих показателей отмечается в пределах как одного региона, так и одного хозяйства [19]. Вышеперечисленное предполагает как один из элементов мониторинга необходимость оценки на обследуемых территориях этих показателей, для чего могут использоваться как отечественные почвоотборники («ГЕОПЛАН»), так и зарубежные. К наиболее известным и хорошо себя зарекомендовавшим относятся производимые в Германии, Дании и США почвоотборники, которые различаются по способам, скорости, глубине и прочим характеристикам отбора проб. Дальнейший путь этих образцов – в соответствующие аккредитованные лаборатории для тестирования.

### Выводы

1. Несмотря на невысокую в настоящее время востребованность проектов по рекультивации деградированных земель, данная проблема не потеряла своей актуальности, и ее решение может осуществляться в несколько этапов. Первой и наиболее актуальной в современных условиях является экономическая целесообразность такого проекта. Дальнейшие действия предлагается проводить по системе «Да»/«Нет»: если «Да», то проект продолжается, если «Нет», то его осуществление нецелесообразно.

2. Важным элементом при решении поставленных задач является комплексный энергетический подход для склонов и почв, позволяющий оценивать морфолого-технологические реалии данной территории и являющийся дополнительным критерием для оценки возможной рекультивации объекта. Комплексный подход к данному вопросу, включающий в себя мониторинг фондовых и текущих агрометеоданных, в совокупности с группировкой земель и другими характеристиками позволит минимизировать ошибки при оценке перспектив объекта.

3. Для успешного решения задач реабилитации земель целесообразно создание комплексной Web-системы, содержащей базу данных для хранения фондовой информации, получения и хранения фондовой

и текущей приборной информации, которая в совокупности существующими и, возможно, разрабатываемыми специально для данных целей прогнозными моделями позволит при необходимости достаточно оперативно решать эти важные сельскохозяйственные задачи.

#### Библиографический список

1. **Корженевский Б.И.** Факторы миграции тяжелых металлов в водные объекты и на сопредельных территориях // *Международный технико-экономический журнал*. – 2019. – № 4. – С. 38-44.
2. **Полунин Г.В.** Динамика и прогноз экзогенных геологических процессов. – М.: Наука, 1989. – 232 с.
3. **Корженевский Б.И.** Зональность энергетического потенциала – основа для прогнозирования гравитационных процессов в горном регионе // *Методы регионально-инженерно-геологического прогнозирования*. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1989. – С. 136-146.
4. **Полунин Г.В.** Экзогенные геологические процессы гумидной зоны умеренного климата (физические аспекты экзогенных процессов). – М.: Наука, 1983. – 347 с.
5. Энергетическая оценка плодородия почв / В.И. Савич, В.Г. Сычев, Ю.Н. Никольский и др. – М.: Изд-во ВНИИА, 2007. – 500 с.
6. **Хохлова О.Б.** Повышение плодородия малопродуктивных и деградированных почв удобрительно-мелиорирующими смесями на основе сапропелей: дис. ... д-ра с. – х. наук. – М.: 2007. – 302 с.
7. **Попов А.И.** Трофосистема почва-растение – основа функционирования экосистемы // *Экосистемы, их оптимизация и охрана*. – 2012. – Вып. 7. – С. 251-260.
8. **Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф.** Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. – Р/на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 2003. – 204 с.
9. **Киселева О.Е., Коломийцев Н.В.** Противоэрозионное устройство склоновых земель в бассейнах малых рек на основе ГИС-технологий // *Природообустройство*. – 2010. – № 1. – С. 21-27.
10. Специальные наблюдения за загрязнением тяжелыми металлами донных отложений водных объектов в системе мониторинга / Н.В. Коломийцев, Б.И. Корженевский, Г.Ю. Толкачев и др. // *Географический вестник*. – 2020. – № 1(52). – С. 139-153.
11. **Павлов А.Ю.** Показатели и методы оценки энергетического потенциала почвы в агроландшафтах // *Научно-методическое обеспечение развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса*. – М.: ВНИИГиМ, 2020. – С. 139-149.
12. Практикум по агрохимии: учебное пособие / под ред. академика В.Г. Минеева. – М.: МГУ, 2001. – 689 с.
13. **Масютенко Н.П.** Научные основы и методы оценки энергетического состояния почв в агроландшафтах. – Курск: "ВНИИЗИЗПЭ" РАСХН, 2004. – 189 с.
14. **Барabanов А.Т.** Научные основы управления эрозионно-гидрологическим процессом // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса*. – 2014. – № 1 (33). – С. 1-5.
15. **Гаршинев Е.А.** Эрозионно-гидрологический процесс. Теория и модели. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. – 196 с.
16. **Корженевский Б.И., Матвеев А.В.** Принципы мониторинга водных объектов на основании изучения деградационных процессов // *Сельский механизатор*. – 2020. – № 2. – С. 10-13.
17. **Коломийцев Н.В., Матвеев А.В., Корженевский Б.И.** Информационно-аналитическая веб-система «Технологии восстановления плодородия почв и рекультивации деградированных агроландшафтов» // *Природообустройство*. – 2019. – № 3. – С. 13-19.
18. **Матвеев А.В., Корженевский Б.И.** Разработка информационно-аналитической веб-системы для восстановления плодородия почв и рекультивации деградированных агроландшафтов // *Мелиорация и водное хозяйство*. – 2020. – № 1. – С. 5-9.
19. **Пуховская Т.Ю.** Обзор и анализ методов определения variability плодородия почв в рамках прецизионного земледелия / *Научно-методическое обеспечение развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса*. – М.: ВНИИГиМ, 2020. – С. 160-169.
20. **Сычев В.Г., Афанасьев Р.А.** Робототехника в технологиях точного земледелия // *Плодородие*. – 2016. – № 3. – С. 2-5.
21. **Афанасьев Р.А.** Агрохимические аспекты точного земледелия // *Проблемы агрохимии и экологии*. – 2010. – № 2. – С. 38-43.

Материал поступил в редакцию 29.07.2020 г.

## Сведения об авторах

**Корженевский Борис Игоревич**, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова; 127550, г. Москва, Б. Академическая, 44, корп. 2; e-mail: 542609@list.ru

**Коломийцев Николай Владимирович**, кандидат геолого-минералогических

наук, ученый секретарь, ФГБНУ ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова; 127550, г. Москва, Б. Академическая, 44, корп. 2; e-mail: kolomiytsev@vniigim.ru

**Толкачев Глеб Юрьевич**, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова; 127550, г. Москва, Б. Академическая, 44, корп. 2; e-mail: k-26@yandex.ru

**V.I. KORZHENEVSKIY, N.V. KOLOMIYTSEV, G.YU. TOLKACHEV**

Federal state budgetary scientific institution «All-Russian research Institute of hydraulic engineering and melioration named after A.N. Kostyakov», Moscow, Russian Federation

**FEATURES OF MONITORING OF DEGRADED LANDS TO ASSESS POSSIBILITIES FOR THEIR REHABILITATION**

*Putting out of using large areas of agricultural lands in the central region over the past years has led to worsening the prospects of their purposed use, although the problem of the relevance of their restoration still remains. For many years the unused land was exposed to both natural exogenous processes such as erosion, suffusion, etc. and biological and chemical changes, usually for the worse for agriculture. There are considered elements of monitoring aimed at assessing the prospects or lack of perspectives of rehabilitation of degraded lands. An energy approach to assessing the state of slopes and soils located within these slopes is presented. The main factors of natural and anthropogenic character in assessing the prospects for land restoration are their steepness, excess relative to local bases of erosion other morphological characteristics of slopes which in general is reduced to an assessment of the energy provision of slopes and soils. So the higher the energy capacity of slopes – they are less promising for development, for soils – there is a reverse picture – the higher their energy reserves, the more promising is their use. Approaches to zoning the territory for monitoring from larger taxons of natural and anthropogenic genesis to the sites of special surveillance within which the prospects for rehabilitation of the agricultural land are evaluated. The most important factor is the material expediency of such actions, i.e. before starting the restoration work it is necessary to assess the profitability or loss of the proposed event. In cases of the material expediency it is feasible as further actions to include energy assessments of slopes and soils; zoning of the object according to the steepness and oriented characteristics of soil washout; and the possibility of obtaining agronomic and meteorological data on a timely basis. The result of the work is a forecast assessment of the prospects for restoring degraded land for the intended purpose using modern databases and WEB-systems.*

*Monitoring, degraded lands, rehabilitation, anthropogenic impact, zoning, energy characteristics.*

**References**

1. **Korzhenevskiy B.I.** Faktory migratsii tyazhelyh metallov v vodnye objekty i na sopredelnyh territoriyah // Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal. – 2019. – № 4. – S. 38-44.
2. **Polunin G.V.** Dinamika i prognoz ekzogennyh geologicheskikh protsessov. – M.: Nauka, 1989. – 232 s.
3. **Korzhenevskiy B.I.** Zonalnost energeticheskogo potentsiala – osnova dlya prognozirovaniya gravitatsionnyh protsessov v gornom regione // Metody regionalnogo inzhenerno-geologicheskogo prognozirovaniya. – M.: VSEGINGEO, 1989. – S. 136-146.
4. **Polunin G.V.** Ekzogennyye geologicheskie processy gumidnoj zony umerennogo klimata (fizicheskie aspekty ekzogennyh processov). – M.: Nauka, 1983. – 347 s.
5. Energeticheskaya otsenka plodorodiya pochv / Savich V.I., Sychev V.G., Nikol'skiy Yu.N. i dr. – M.: Izd-vo VNIIA, 2007. – 500 s.
6. **Hohlova O.B.** Povyshenie plodorodiya maloproduktivnyh i degradirovannyh pochv udobritelno-melioriruyushchimi smesyami

na osnove sapropelej // Diss. na soiskanie uchenoj stepeni doktora selskohozyajstvennyh nauk. – M.: 2007. – 302 s.

7. **Popov A.I.** Trofosistema pochva-rastenie – osnova funkcionirovaniya ekosistemy // Ekosistemy, ih optimizatsiya i ohrana. – 2012. – Vypusk 7. – S. 251-260.

8. **Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Val'kov V.F.** Biologicheskaya diagnostika i indikatsiya pochv: metodologiya i metody issledovaniy. – Rostov n/D: Izd-vo Rostovskogo un-ta, 2003. – 204 s.

9. **Kiseleva O.E., Kolomijtsev N.V.** Pro-tivoerozionnoe ustrojstvo sklonovyh zemel v bassejnah malyh rek na osnove GIS-tekhnologij // Prirodoobustrojstvo. – 2010. – № 1. – S. 21-27.

10. Specialnye nablyudeniya za zagryazneniem tyazhelymi metallami donnyh otlozhenij vodnyh obektov v sisteme monitoringa / Kolomijtsev N.V., Korzhenevskiy B.I., Tolkachyov G.Yu. i dr. // Geograficheskij vestnik. – 2020. – № 1 (52). – S. 139-153.

11. **Pavlov A.Yu.** Pokazateli i metody otsenki energeticheskogo potentsiala pochvy v agrolandshaftah // Nauchno-metodicheskoe obespechenie razvitiya meliorativno-vodohozyajstvennogo kompleksa. – M.: VNIIGiM. – 2020. – S. 139-149.

12. Praktikum po agrohimii: uchebnoe posobie / Pod red. akademika V.G. Mineeva. – M.: MGU, 2001. – 689 s.

13. **Masyutenko N.P.** Nauchnye osnovy i metody otsenki energeticheskogo sostoyaniya pochv v agrolandshavtah / RASKHN. Vserossijskij NII zemledeliya i zashchity pochv ot erozii. – Kursk: 2004. – 189 s.

14. **Barabanov A.T.** Nauchnye osnovy upravleniya erozionno-gidrologicheskim processom // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. – 2014. – № 1 (33). – S. 1-5.

15. **Garshinev E.A.** Erozionno-gidrologicheskiy protsess. Teoriya i modeli. – Volgograd: VNIALMI. – 1999. – 196 s.

16. **Korzhenevskiy B.I., Matveev A.V.** Printsipy monitoringa vodnyh obektov na osnovanii izucheniya degradatsionnyh protsessov // Selskij mekhanizator. – 2020. – № 2. – S. 10-13.

17. **Kolomijtsev N.V., Matveev A.V., Korzhenevskiy B.I.** Informatsionno-analiticheskaya veb-sistema «Tekhnologii vosstanovleniya plodorodiya pochv i rekultivatsii degradirovannyh agrolandshaftov» // Prirodoobustrojstvo. – 2019. – № 3. – S. 13-19.

18. **Matveev A.V., Korzhenevskiy B.I.** Razrabotka informatsionno-analiticheskoy veb-sistemy dlya vosstanovleniya plodorodiya pochv i rekultivatsii degradirovannyh agrolandshaftov // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. – 2020. – № 1. – S. 5-9.

19. **Puhovskaya T.Yu.** Obzor i analiz metodov opredeleniya variabelnosti plodorodiya pochv v ramkah pretsizionnogo zemledeliya // Nauchno-metodicheskoe obespechenie razvitiya meliorativno-vodohozyajstvennogo kompleksa. – M.: VNIIGiM, 2020. – S. 160-169.

20. **Sychev V.G., Afanasjev R.A.** Robototekhnika v tekhnologiyah tochnogo zemledeliya // Plodorodie. – 2016. – № 3. – S. 2-5.

21. **Afanasjev R.A.** Agrohimicheskie aspekty tochnogo zemledeliya // Problemy agrohimii i ekologii. – 2010. – № 2. – S. 38-43.

The material was received at the editorial office  
29.07.2020

#### Information about the authors

**Korzhenevskiy Boris Igorevich**, candidate of geological-mineralogical sciences, senior researcher, FSBSI «All-Russian research institute of hydraulic engineering and melioration named after A.N. Kostyakov»; 127550, Moscow, B. Academicheskaya, 44, korp. 2, e-mail: 542609@list.ru

Kolomijtsev Nikolaj Vladimirovich, candidate of geological-mineralogical sciences, scientific secretary, FSBSI «All-Russian research institute of hydraulic engineering and melioration named after A.N. Kostyakov»; 127550, Moscow, B. Academicheskaya, 44, korp. 2, e-mail: kolomijtsev@vniigim.ru

Tolkachev Gleb Yurjevich, candidate of geographic sciences, senior researcher, FSBSI «All-Russian research institute of hydraulic engineering and melioration named after A.N. Kostyakov»; 127550, Moscow, B. Academicheskaya, 44, korp. 2, e-mail: k-26@yandex.ru