ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-30

STRATEGIES FOR RESTORING RECLAIMED LANDS PREVIOUSLY REMOVED FROM CIRCULATION

V. A. Shevchenko, M. N. Lytov

*Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute
of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov»*

Received 09.09.2021

Submitted 08.11.2021

Summary

An algorithm for choosing a strategy for resuming the use of agricultural lands previously withdrawn from circulation is proposed, depending on the natural-ecological model of the state of the territory. The concept of technological groups, problem-oriented with respect to the qualitative level of the ecological state of the former reclaimed agricultural lands, put into circulation, has been developed.

Abstract

Introduction. The relevance of research is determined by the need to solve the problem of abandoned and unused agricultural lands for a long time. Reclaimed land is a particularly valuable fund of agricultural land, and therefore the problem of their re-involvement in circulation is especially acute. Changes in the ecological skeleton for a long time not used, including the former reclaimed lands, require a well-calculated, scientifically grounded approach to their involvement in agricultural turnover in each specific situation. And in this regard, modeling the ecological state of the territory on the basis of a system of typical natural-ecological models and a generalized algorithm for their design opens up wide opportunities in terms of choosing an optimal strategy and designing technologies for the development of unused, former reclaimed agricultural lands. The aim of the study is to develop uniform approaches to the choice of a strategy for the renewal of the use of agricultural lands previously withdrawn from circulation, depending on the natural-ecological model of the state of the territory. **Object.** The object of research is not used for a long time, including the former reclaimed agricultural land, which is supposed to be involved in re-circulation and resumption of economic activity. **Materials and methods.** The study is based on a natural-ecological model of territories intended for development, which is formalized by a combination of factors $\sum F^i$, where F is one of the selected variety of factors that are of direct importance in the development of unused agricultural lands and for the formation of ecologically balanced highly productive agricultural landscapes. Index i characterizes the degree of violation, the cumulative deviation of indicators from the regional norm, and this is the second key indicator that is necessary for choosing a strategy for the development of reclaimed lands that have been removed from circulation. **Results and conclusions.** The basis for the qualitative differentiation of lands intended for development in relation to the natural and ecological state, as well as the readiness of irrigation and drainage systems, is based on a complex indicator - index i , which divides the unused lands for a long time into three large clusters. These are lands that are safe from the point of view of environmental ecology, with active segments of the irrigation and drainage system, which can be developed for agricultural use without restrictions; lands with violations and deviations from the norm, exceeding the maximum permissible values, but which can be developed and used with restrictions; as well as lands on which the deformations of the ecological skeleton have reached critical levels, and which cannot be directly introduced into agricultural circulation. The proposed strategy links these categories in a single process, the general vector of which is directed towards the restoration of the functions of agricultural lands and improvement of the ecological state through the consistent involvement of various technological groups in the work. Technological groups are developed taking into account the specifics of the problems under consideration and form problem-oriented technological complexes, starting from the conservation of the most disturbed territories and pumping direct land development using organic or biologized farming systems. The strategy makes it possible to develop consistent, scientifically grounded programs for the development of unused agricultural lands for a long time, for almost any environmental category.

Key words: *unused land, reclamation fund, reuse, strategies, technology groups, algorithm.*

Citation. Shevchenko V.A., Lytov M.N. Strategies for restoring reclaimed lands previously removed from circulation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 283-296 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-30.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 504.062:631.61

СТРАТЕГИИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАНЕЕ ВЫВЕДЕННЫХ ИЗ ОБОРОТА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

В. А. Шевченко, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук
М. Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова

Дата поступления в редакцию 09.09.2021

Дата принятия к печати 08.11.2021

Актуальность. Актуальность исследований определяется необходимостью решения проблемы выбывших и длительное время не используемых земель сельскохозяйственного назначения. Мелиорированные земли являются особо ценным фондом сельскохозяйственных земель, и поэтому проблема их повторного вовлечения в оборот стоит особенно остро. Изменения экологического скелета длительное время не используемых, в том числе бывших мелиорированных земель, требуют хорошо просчитанного, научно обоснованного подхода к их вовлечению в сельскохозяйственный оборот в каждой конкретной ситуации. И в этом плане моделирование экологического состояния территории на основе системы типовых природно-экологических моделей и обобщенного алгоритма их конструирования открывает широкие возможности в плане выбора оптимальной стратегии и проектирования технологий освоения не используемых, бывших мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения. Целью исследования является разработка единообразных подходов к выбору стратегии возобновления использования ранее выведенных из оборота сельскохозяйственных земель в зависимости от природно-экологической модели состояния территории. **Объект.** Объектом исследований являются длительное время не используемые, в том числе бывшие мелиорированные сельскохозяйственные земли, предполагаемые к вовлечению в повторный оборот и возобновлению хозяйственной деятельности. **Материалы и методы.** В основу исследования положена природно-экологическая модель предполагаемых к освоению территорий, которая формализованно описывается комбинацией факторов $\sum F^i$, где F – это один из выделенного многообразия факторов, имеющих непосредственное значение при освоении неиспользуемых сельскохозяйственных земель и для формирования экологически сбалансированных высокопродуктивных агроландшафтов. Индекс i характеризует степень нарушения, совокупного отклонения показателей от региональной нормы, и это второй ключевой показатель, который необходим для выбора стратегии освоения выбывших из оборота мелиорированных земель. **Результаты и выводы.** В основу качественного дифференцирования предполагаемых к освоению земель относительно природно-экологического состояния, а также готовности гидромелиоративных систем положен комплексный показатель – индекс i , который делит длительное время не используемые угодья на три крупных кластера. Это земли благополучные с точки зрения экологии окружающей среды, с действующими сегментами гидромелиоративной системы, которые могут быть освоены для сельскохозяйственного использования без ограничений; земли с нарушениями и отклонениями от нормы, превышающими предельно допустимые значения, но которые могут быть освоены и использоваться с ограничениями; а также земли, на которых деформации экологического скелета достигли критических отметок и которые не могут быть введены в

сельскохозяйственный оборот непосредственно. Предложенная стратегия связывает эти категории в единый процесс, общий вектор которого направлен в сторону восстановления функций сельскохозяйственных земель и улучшения экологического состояния путем последовательного вовлечения в работу различных технологических групп. Технологические группы разработаны с учетом специфики рассматриваемой проблематики и формируют проблемно ориентированные технологические комплексы начиная от консервации наиболее нарушенных территорий и закаявая прямым освоением земель с использованием органической или биологизированной систем земледелия. Стратегия позволяет разработать последовательные, научно обоснованные программы освоения длительное время не используемых сельскохозяйственных земель для практически любых экологических категорий.

Ключевые слова: *мелиорированные земли, мелиоративный фонд, возобновление использования земель.*

Цитирование. Шевченко В. А., Лытов М. Н. Стратегии возобновления использования ранее выведенных из оборота мелиорированных земель. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 283-296. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-30.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Проблема выбывших и длительное время не используемых сельскохозяйственных земель – одна из серьезных проблем аграрного комплекса России [1, 5, 8, 11]. Имея в основе социально-экономические корни, сегодня эта проблема получила гораздо большее разнообразие аспектов. Без хозяйственного использования за длительный период экология брошенных сельскохозяйственных земель в значительной мере трансформировалась, причем вектор этих изменений применительно к каждой территории в отдельности имеет самое разнообразное изменение. Очень большие деформации наблюдаются и по инженерной сети на брошенных, ранее мелиорированных территориях [3, 10]. В ряде случаев сегменты гидромелиоративных систем были полностью разрушены, в других – продолжают эксплуатироваться со значительным ущербом для окружающей среды [2, 4]. Изменения экологического скелета длительное время не используемых, в том числе бывших мелиорированных земель, требуют хорошо просчитанного, научно обоснованного подхода к их вовлечению в сельскохозяйственный оборот в каждой конкретной ситуации [6, 7, 9, 12-15]. Техничко-технологические комплексы, необходимые для вовлечения таких земель в сельскохозяйственный оборот, тоже могут очень сильно различаться в зависимости от складывающейся природно-экологической ситуации и состояния сегментов гидромелиоративной системы в обслуживаемой зоне. И в этом плане моделирование экологического состояния территории на основе системы типовых природно-экологических моделей и обобщенного алгоритма их конструирования открывает широкие возможности в плане выбора оптимальной стратегии и проектирования технологий освоения неиспользуемых, бывших мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения.

Целью исследования является разработка единообразных подходов к выбору стратегии возобновления использования ранее выведенных из оборота сельскохозяйственных земель в зависимости от природно-экологической модели состояния территории.

Материалы и методы. Объектом исследований являются длительное время не используемые, в том числе бывшие мелиорированные сельскохозяйственные земли, предполагаемые к вовлечению в повторный оборот и возобновлению хозяйственной

деятельности. Предмет исследований – стратегии возобновления использования ранее выведенных из оборота сельскохозяйственных земель применительно к технико-технологическим аспектам восстановления сельскохозяйственной деятельности.

Формализованно природно-экологическая модель предполагаемых к освоению территорий описывается комбинацией факторов $\sum F^i$, где F – один из выделенного многообразия факторов, имеющих непосредственное значение при освоении неиспользуемых сельскохозяйственных земель и для формирования экологически сбалансированных высокопродуктивных агроландшафтов. Факторное поле F действительно чрезвычайно многообразно, представлено разносторонними и в значительной мере несогласованными процессами, некоторые из которых взаимосвязаны, а другие – самостоятельны. Для того чтобы хоть как-то упорядочить это факторное поле, было предложено формировать комплексы факторов, обусловленные определенным сходством процессов и отражающие определенную грань проблемы возобновления использования ранее брошенных сельскохозяйственных земель. Так, было выделено пять основных сегментов, характеризующих различные аспекты возобновления использования брошенных сельскохозяйственных земель. Это мелиоративный, деградационный, техногенный и фитосанитарный сегменты природно-экологического характера и непосредственно связанный с ними, когда речь касается ранее мелиорированных территорий, инженерно-инфраструктурный сегмент. Каждому из рассматриваемых факторных комплексов присваивается показатель i , который характеризует степень нарушения, совокупного отклонения показателей от региональной нормы. Отклонения имеют качественную или количественную шкалу, которая характеризуется определенной областью в поле допустимых значений, имеет область превышения допустимых значений, а также область значений деградации фактора, при которых непосредственное сельскохозяйственное использование земель невозможно. Исследованиями принята целочисленная градация показателя i , где значение 0 характеризует типичное региональное состояние земель, отсутствие каких-либо значимых экологических проблем и предполагает количественную оценку состояния всей совокупности факторов в пределах допустимого диапазона. При значениях показателя i , равных единице, предполагается, что отклонение хотя бы одного из рассматриваемого комплекса факторов превышает границы допустимого диапазона. Превышение допустимого диапазона отклонений напрямую связано с определенными ограничениями, накладываемыми на использование вводимых в оборот земель и необходимость проведения определенных мероприятий по реабилитации осваиваемых сельскохозяйственных территорий. В то же время такой специфичной характеристикой земель, характеризующихся показателем i , равным единице, является принципиальная возможность освоения таких земель. Предполагается, что, хотя и с ограничениями, но сельскохозяйственные земли с такими нарушениями экологического благополучия использовать можно, а мероприятия по реабилитации призваны обеспечить расширение направлений освоения таких территорий.

При значениях i , равных двум, освоение сельскохозяйственных земель в ближайшей перспективе признается невозможным. Предполагается такая деформация экологической среды, при которой возобновление производства связано с возможностью возникновения критических ситуаций или получением сельскохозяйственной продукции, опасной для жизни и здоровья человека. При этом превышение экологической деформации среды не может быть в сколь-либо значимой форме компенсировано использованием специальных агротехнических приемов или направлений сельскохозяйственного производства.

Результаты и обсуждение. Предложенный подход к формированию природно-экологических моделей брошенных и длительное время не используемых, в том числе бывших мелиорированных сельскохозяйственных земель, имеет свои недостатки, однако дает простые и понятные инструменты для разработки стратегии освоения таких террито-

рий. Значение критерия i в предложенном алгоритме (рисунок 1) принято в качестве исходного ключевого показателя, характеризующего выбор стратегии освоения и направлений последующего сельскохозяйственного использования осваиваемых территорий.

Рисунок 1 – Стратегии возобновления использования ранее выведенных из оборота сельскохозяйственных земель в зависимости от природно-экологической модели состояния территории

Figure 1 – Strategies for resuming the use of agricultural lands previously withdrawn from circulation, depending on the natural-ecological model of the state of the territory

При значениях критерия i , равных нулю, освоение длительное время не используемых сельскохозяйственных территорий возможно без каких-либо ограничений. Такое экологическое состояние осваиваемых территорий предполагает отсутствие каких-либо значимых процессов деградации земель, мелиоративное благополучие, благопри-

ятное размещение относительно факторов техногенного характера, отсутствие карантинных сорняков или вредителей и формирование зональных типов растительного покрова. Кроме того, предполагается наличие действующей гидромелиоративной системы, сегменты которой на вновь вводимых в оборот землях обеспечивают выполнение заданных функций в приемлемом технологическом режиме. Такие территории являются наиболее привлекательными с точки зрения повторного вовлечения в сельскохозяйственный оборот с восстановлением мелиоративной функции. Эти земли также очень привлекательны и для освоения новых, эколого-ориентированных, так называемых «зеленых» технологий производства сельскохозяйственной продукции.

Предложенная стратегия (рисунок 1) предполагает выбор определенной технологии освоения длительное время не используемых земель в зависимости от сложившейся природно-экологической ситуации и состояния инженерных элементов сегмента гидромелиоративной системы, обслуживающего эту территорию. Для решения этой задачи были выделены семь технологических групп, имеющих качественные отличия как по потенциальным возможностям освоения неиспользуемых земель с различной экологической ситуацией, так и в отношении производства экологически безопасной продукции, в том числе и возможности развертывания «особых» направлений использования. К таким направлениям, в частности, можно отнести производство лекарственного сырья, сырья для производства детского питания, лечебно-профилактического питания и другие направления, предъявляющие особые требования к условиям производства.

Для неиспользуемых аграрных территорий, значение критерия i которых равно нулю, стратегия предполагает возможность использования технологий освоения из группы В, а также групп А, А+ и А++.

Технологии класса А предполагают возможность возделывания практически всех без исключения сельскохозяйственных культур, входящих в составы региональных севооборотов, и также тех видов сельскохозяйственных растений, интродукция которых возможна (и целесообразна!) с учетом региональных природно-климатических особенностей. Применение технологий класса А предполагает полное отсутствие каких-либо дополнительных ограничений экологического характера по мелиоративному состоянию земель и плодородию почвы, степени эрозионной опасности и т.д. Это технологии так называемого «прямого освоения», когда залежь, сформировавшаяся на длительно не используемых сельскохозяйственных, может без предварительной подготовки и каких-либо специальных приемов адаптации вводиться в сельскохозяйственный оборот (рисунок 2).

Рисунок 2 – Прямое освоение многолетней залежи в КФХ Выборнов В. Д. Ленинского района Волгоградской области

Figure 2 – Direct development of a multi-year deposit in a peasant farm Vybornov V. D. Leninsky district of the Volgograd region

В то же время считаем целесообразным деление технологий класса А на группы, характеризующиеся различным уровнем экологической безопасности производства. На рисунке 1 эти группы технологий выделены индексами А, А+ и А++.

Технологии группы А – это технологии и системы земледелия, характеризующиеся применением разрешенных средств агрономической химии. Эта группа включает совокупность классических интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, традиционно разрабатываемых и используемых в условиях орошения (рисунок 3). Технологии допускают применение минеральных удобрений и минерально-органических комплексов, гербицидов как средства борьбы с сорной растительностью, за исключением группы карантинных сорняков, фунгицидов и инсектицидов, входящих в перечень пестицидов, разрешенных к применению в Российской Федерации. Эта группа технологий имеет, пожалуй, наибольшие перспективы в плане освоения длительного время не используемых сельскохозяйственных земель, так как позволяет максимально эффективно решать текущие задачи, подавлять развитие сорной растительности, предупреждать развитие болезней и распространение вредителей. Последнее особенно актуально, когда к освоению территорий подходят не комплексно, а мозаично, и вводимые в оборот земли граничат с оставшимися невостребованными территориями, резервирующими различные виды сельскохозяйственных вредителей. С другой стороны, необходимо учитывать, что широкое использование средств агрономической химии уже не соответствует современным трендам и стратегиям развития сельскохозяйственного производства.

Рисунок 3 – Возделывание кукурузы на вновь вовлекаемых в оборот мелиорированных землях в ОАО «Агрофирма «Восток» Николаевского района Волгоградской области

Figure 3 – Cultivation of maize on reclaimed lands newly drawn into circulation at JSC «Agrofirma Vostok» of the Nikolaevsky district of the Volgograd region

Группа технологий А+ включает биологизированные системы земледелия и технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Это группа технологий также предполагает возможность интенсивного ведения сельского хозяйства, однако используется при производстве продукции с повышенными требованиями к экологической безопасности. Задача решается путем расширенного использования биологизированных приемов в возделывании сельскохозяйственных культур, оптимизации ризосфер-

ной и эндофитной структуры в микробиологической функции почвы, применения микробиологических средств защиты растений, микробиологических удобрений, энтомо- и акарифагов, продуктов жизнедеятельности микробных ассоциаций, оказывающих видоспецифичное влияние на возбудителей болезней и вредителей.

Технологии группы А+ не декларируют полного отказа от применения средств агрономической химии. Однако применяется она, как правило, точно и только в том случае, когда задача не решается биологизированными агроприемами. Технологии группы А+ также предполагают широкое использование наукоемких технологий и доказанных синергетических эффектов, позволяющих минимизировать применение агрохимии и существенно снижать дозировку препаратов в наиболее токсичной ее части. Кроме того, технологии группы А+ предполагают наличие дополнительных ограничений на применение средств агрономической химии в соответствии с требованиями производимой продукции.

Группа А++ включает совокупность технологий возделывания сельскохозяйственных культур по системе органического земледелия. Данная система изначально разрабатывалась на принципах полного отказа от применения средств агрономической химии, и все ее позиции регламентируют запрет на любые техногенные загрязнения, которые могут попасть в готовую продукцию. Введение технологий органической системы земледелия предполагает наличие переходного периода, в течение которого производимая продукция не может быть признана органической. Вместе с тем период, когда земли не использовались в сельскохозяйственном производстве, при определенных условиях может быть зачтен в счет переходного периода. В этом случае освоение длительное время не используемых земель может проводиться сразу с использованием технологий, подразумевающих непосредственное производство продукции органического земледелия, то есть реализуется принцип прямого ведения в оборот. Следует признать, что регламент сельскохозяйственных технологий, обеспечивающих гарантированно успешное ведение в оборот длительное время не используемых сельскохозяйственных земель, сегодня еще не разработан в достаточной мере. Кроме того, культура органического сельского хозяйства разрабатывалась не только (и даже, может быть, не столько!) как система земледелия, но и как бренд экологически чистых продуктов питания. И это в значительной мере прослеживается на примере современных органических технологий, когда есть запрет на простые и понятные любому формы «токсичных» агротехнических приемов, но экологическая безопасность применяемых технологий не всегда в достаточной мере и научно обоснованна.

Технологии группы В тоже могут быть использованы в качестве технологий «прямого освоения», когда совокупность приемов возделывания сельскохозяйственной культуры и тайм-планы освоения длительное время не используемых сельскохозяйственных земель в большей части совпадают. Технологии группы В также базируются на принципах интенсивного или адаптивного сельского хозяйства в зависимости от природно-экологических условий возделывания, возделываемой культуры и экономической конъюнктуры производства. Принципиальным отличием технологий, отнесенным нами к группе В, является необходимость в проведении мелиоративных мероприятий для улучшения условий выращивания растений. При значениях критерия i , равных нулю, экологическое состояние земель предполагается в пределах нормы. Однако и диапазон допустимых отклонений факторов, определяющих в совокупности экологическое состояние земель, может включать различные уровни «экологического благополучия». Мелиорирующие приемы, применяемые в рамках группы технологий В, используются в этом случае для оптимизации условий выращивания с целью повышения продуктивности посевов и качества получаемой продукции.

При значениях критерия i , равных единице, освоение длительное время не используемых сельскохозяйственных территорий предполагает наличие определенного рода ограничений, необходимость реабилитации земель, проведения рекультивационных мероприятий, реставрации или реконструкции элементов гидромелиоративной сети в границах данной территории.

Если i , равное единице, присвоено относительно ситуации с каким-либо из природно-экологических сегментов модели, подразумевается необходимость проведения рекультивационных мероприятий или реабилитации земель, применение каких-либо специальных агротехнических приемов, в достаточной мере компенсирующих влияние негативного фактора (факторов). Если же i , равное единице, присвоено относительно инженерной системы для реализации мелиоративных технологий, то предполагается необходимость реставрации или реконструкции элементов гидромелиоративной системы, а освоение земель возможно без наложения специальных ограничений. Следует понимать, что в реальности зачастую наблюдается комплексное отклонение факторов, принадлежащих разным сегментам природно-экологической модели, и, соответственно, требуются комплексные подходы и технологии освоения таких земель. Общие подходы при этом следующие:

- проводятся мероприятия по рекультивации или назначаются параметры реабилитации земель, итогом которых предполагается компенсация негативных факторов среды до приемлемого уровня, при которых возможно хотя бы ограниченное использование земель;
- назначаются эколого-ориентированные режимы эксплуатации земель с ограничениями. Такие режимы эксплуатации вновь вводимых в оборот сельскохозяйственных земель предполагают формирование общего вектора восстановления экологической ситуации и постепенное возвращение негативных факторов в пределы допустимого диапазона;
- как альтернатива эколого-ориентированным режимам эксплуатации земель, когда такой подход к освоению земель экономически невыгоден или не вписывается в утвержденные тайм-планы программы освоения, возможна реализация концепции пролонгированной реабилитации земель. Пролонгированная реабилитация земель предполагает компенсацию отклонений негативных факторов по каждому сегменту природно-экологической модели до уровня, когда показатели не превышают допустимых норм. Освоение земель в этом случае возможно уже без наложения ограничений;
- по прошествии обоснованного периода эксплуатации земель с ограничениями или пролонгированной реабилитации назначается экологическая оценка земель, которая должна достоверно подтвердить возвращение в норму факторов, по которым ранее были установлены критические отклонения. По результатам такой оценки предполагается два исхода. В случае если подтверждена компенсация отклонения факторов до нормы, критерию i природно-экологической модели присваивается значение ноль (0), а земли с этого момента могут использоваться без ограничений. Если же показатели по этому перечню факторов все еще выходят за пределы допустимого диапазона, значение критерия i не меняется, а период эксплуатации земель с ограничениями продлевается.

Таким образом, стратегия предполагает общее поступательное движение экологического состояния осваиваемых территорий в направлении восстановления с возможностью последующего использования без ограничений.

Эколого-ориентированные режимы эксплуатации земель с ограничениями предполагают использование технологий группы А, В и С. На самом деле длительная реабилитация земель с индексом экологического состояния $i = 1$ является не исключительно обязательным условием их освоения для сельскохозяйственного использования. Технологии группы В, которые включают специальные приемы улучшения экологического состояния земель, могут с успехом использоваться, если этого воздействия достаточно, чтобы ком-

пенсировать негативное влияние факторов с показателем $i = 1$. Также допустимым является и использование технологий группы А, обладающих весьма эффективными инструментами на основе агрономической химии. Такого рода технологии допускают прямое освоение земель даже при исключительно высоких степенях распространения полевой сорной растительности, вредителей и болезней, макроэлементном истощении почвы, которое может быть компенсировано применением минеральных удобрений.

Технологии группы С используются, когда технологические комплексы группы А и В не позволяют компенсировать влияние факторов с показателем $i = 1$ до приемлемого уровня. В этом случае вводятся различного рода ограничения на сельскохозяйственное использование вновь вводимых в оборот земель, призванные исключить получение небезопасной для жизни и здоровья продукции, а также предотвратить возможность интенсификации деградационных процессов. Ограничения, которые применяются на таких землях, зависят от совокупности нарушенных факторов окружающей среды. Это могут быть ограничения по виду производимой продукции и ее назначения, которые исходят из того, что разные сельскохозяйственные культуры неодинаково восприимчивы к факторам окружающей среды, отклонения по которым вышли за пределы допустимого диапазона. Слабая восприимчивость к таким факторам является дополнительным буфером, компенсирующим негативное действие факторов. Другой подход предполагает введение промежуточного звена для компенсации действия «токсичных» факторов. Например, вводимые в оборот земли на начальном этапе могут использоваться для производства не пищевых продуктов, а кормов для животных. Технологии приготовления кормов и особенности их использования животными являются тем самым буфером, который способен компенсировать действие негативного («токсичного») фактора. Другой вид ограничений предполагает ограничение на использование технологий возделывания сельскохозяйственных культур. В зависимости от совокупности неблагоприятных экологических факторов могут быть ограничены эрозийно опасные технологии, некоторые гидромелиоративные технологии и т.д.

Ограничение по использованию вновь вводимых в оборот сельскохозяйственных земель также предполагает возможность наложения временного запрета на производство сельскохозяйственной продукции в период экологической реабилитации этих территорий. При необходимости могут проводиться рекультивационные мероприятия (технологии группы D), результатом которых предполагается возможность, хоть в ряде случаев и ограниченного, использования сельскохозяйственных земель для производства продукции.

При значении критерия i , равному двум, предполагается, что природно-экологическая ситуация получила чрезвычайно опасное негативное развитие и использование земель путем повторного ввода в сельскохозяйственный оборот недопустимо. Такая ситуация, например, сложилась в зоне радиоактивного загрязнения ЧАЭС, где превышение загрязнения почвы по радионуклидам на длительный период вывело сельскохозяйственные земли из оборота. Другим примером являются земли с критическим уровнем снижения содержания гумуса, сбитые и подверженные интенсивному процессу опустынивания территории. Использование таких земель в сельскохозяйственном производстве в этом случае невозможно. Более того, необходима консервация негативных процессов, важно остановить и предотвратить распространение негативных факторов на смежные сельскохозяйственные территории.

Предложенная стратегия в отношении таких земель предполагает реализацию мероприятий по следующим основным направлениям:

– консервация земель. Мероприятия такого рода направлены на предотвращение распространения негативных процессов за пределы зоны консервации; определение зоны консервации является важной неотъемлемой частью этих работ;

– поддержание режима консервации. Это та работа, которая необходима, чтобы поддерживать созданные барьеры в полностью функциональном состоянии;

– мероприятия по реабилитации земель в зоне консервации. Этот вид мероприятий предполагает работу непосредственно с негативными процессами, приведшими к утрате производственного потенциала сельскохозяйственных земель. Предполагается компенсация, снижение и ликвидация негативного тренда, а также постепенное восстановление функции земель как природного объекта, используемого для производства сельскохозяйственной продукции;

– контроль за состоянием объектов консервации и оценка периода реабилитации земель. Предполагается, что в течение периода реабилитации функции земель восстанавливаются, как минимум, до уровня, когда возможно их сельскохозяйственное использование с ограничениями. Оценка периода реабилитации проводится на основе оценки трендов с учетом закономерностей и специфики процессов, определяющих развитие негативных факторов, а также факторов восстановления функции сельскохозяйственных угодий;

– по истечении периода реабилитации земель проводится экологическая оценка, в задачи которой входит изучение текущего состояния земель и возможности их расконсервирования для последующего сельскохозяйственного использования. В случае если экологическая ситуация позволяет, критерий i для территории понижают до единицы и в силу вступает стратегия ввода земель в сельскохозяйственный оборот с ограничениями.

Технологии, которые используются в отношении земель со значениями критерия $i = 2$, относятся к группам D и E. Технологии группы D предполагают проведение рекультивационных мероприятий, мероприятий по ускорению реабилитации земель, преломления негативных процессов и формированию восстановительного тренда. Технологии группы E – это направление по консервации земель и поддержания режима консервации в течение всего периода реабилитации.

Выводы. Разработан алгоритм выбора стратегии возобновления использования ранее выведенных из оборота сельскохозяйственных земель в зависимости от природно-экологической модели состояния территории. В основу качественного дифференцирования предполагаемых к освоению земель относительно природно-экологического состояния, а также готовности гидромелиоративных систем положен комплексный показатель – условный критерий i , который делит длительное время не используемые угодья на три крупных кластера. Это земли благополучные с точки зрения экологии окружающей среды с действующими сегментами гидромелиоративной системы, которые могут быть освоены для сельскохозяйственного использования без ограничений; земли с нарушениями и отклонениями от нормы, превышающими предельно допустимые значения, но которые могут быть освоены и использоваться с ограничениями, а также земли, на которых деформации экологического скелета достигли критических отметок и которые не могут быть введены в сельскохозяйственный оборот непосредственно. Предложенная стратегия связывает эти категории в едином процессе, общий вектор которого направлен в сторону восстановления функций сельскохозяйственных земель и улучшения экологического состояния путем последовательного вовлечения в работу различных технологических групп. Технологические группы разработаны с учетом специфики рассматриваемой проблематики и формируют проблемно ориентированные технологические комплексы начиная от консервации наиболее нарушенных территорий и закачивая прямым освоением земель с использованием органического земледелия или биологизированных систем земледелия. Стратегия позволяет разработать последовательные, научно обоснованные программы освоения длительного время не используемых сельскохозяйственных земель для практически любых экологических категорий.

Библиографический список

1. Арзамасцева Н. В., Прохорова Н. В., Хамидова Л. Л. Проблема достоверности и полноты информации о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 3. С. 119-128.
2. Балакай Г. Т., Куприянова С. В. Техническое состояние мелиоративных систем России и предложения по их восстановлению // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 1 (77). С. 5-9.
3. Дубенок Н. Н., Ольгаренко Г. В. Перспективы восстановления мелиоративного комплекса Российской Федерации // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 2. С. 56-59.
4. Кирейчева Л. В., Юрченко И. Ф. Диагностика деградационных процессов на неиспользуемых сельскохозяйственных землях // International Agricultural Journal. 2021. Т. 64. № 2.
5. Результаты технологии введения залежных земель в севооборот / А. В. Кудрявцев, Ю. А. Кокорев, П. В. Морозов, В. В. Голубев, Е. С. Белякова, В. В. Косолапов // Вестник НГИЭИ. 2020. № 12 (115). С. 5-15.
6. Салпагарова И. А., Любимова И. Н. Возможность и целесообразность возврата в сельскохозяйственный оборот ранее мелиорированных солонцовых земель // Почвоведение. 2020. № 9. С. 1100-1110.
7. Семенова Е. И., Титова В. И., Митянин И. О. Содержание тяжелых металлов в почве после распашки залежи первой стадии сукцессии // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 1-1 (91). С. 108-113.
8. Хлыстун В. Н., Мурашева А. А., Столяров В. М. Концептуальные подходы к разработке и реализации программы вовлечения в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных земель // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2020. № 5. С. 2-11.
9. Ходячих И. Н. Смена аспектов фитоценозов на разновозрастных залежах степной зоны Южного Урала // Естественные и технические науки. 2021. № 5 (156). С. 77-80.
10. Шадских В. А., Кижяева В. Е., Романова Л. Г. Эколого-мелиоративные аспекты использования орошаемых земель саратовской области // Экология и строительство. 2020. № 2. С. 58-65.
11. Шевченко В. А. Современные оценки неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения на Нижней Волге // Природообустройство. 2020. № 2. С. 6-13.
12. Bell S. M. Soil organic carbon accumulation rates on mediterranean abandoned agricultural lands // The Science of the Total Environment. 2021. V. 759. N. 143535.
13. Khryk V. M., Kimeichuk I. V., Nosnikau V. V. Stability of natural regeneration at ravine-gully systems // Proceedings of BSTU. Issue 1, Forestry, Nature Management, Processing of Renewable Resources. 2021. № 2 (246). P. 103-111.
14. Kozak M., Pudelfko R. Impact assessment of the long-term fallowed land on agricultural soils and the possibility of their return to agriculture // Agriculture. 2021. V. 11. N 2. P. 1-16.
15. Restoring steppe landscapes: patterns, drivers and implications in Russia's steppes / R. Pazur, P. H. Verburg, M. Bürgi, A. V. Prishchepov, K. Myachina, S. Levykin, G. Kazachkov, I. Yakovlev, E. V. Ponkina, N. Rogova, R. Akhmetov // Landscape Ecology. 2021. V. 36. N 2. P. 407-425.

Conclusions. An algorithm for choosing a strategy for resuming the use of agricultural lands previously withdrawn from circulation has been developed, depending on the natural-ecological model of the state of the territory. The basis for the qualitative differentiation of lands intended for development in relation to the natural and ecological state, as well as the readiness of irrigation and drainage systems, is a complex indicator, the conditional criterion i, which divides the unused lands for a long time into three large clusters. These are lands that are safe from the point of view of environmental ecology with existing segments of the irrigation and drainage system, which can be developed for agricultural use without restrictions, lands with violations and deviations from the norm, exceeding the maximum permissible values, but which can be developed and used with restrictions, as well as lands on which the deformations of the ecological skeleton have reached critical levels, and which cannot be directly introduced into agricultural circulation. The proposed strategy links these categories in a

single process, the general vector of which is directed towards the restoration of the functions of agricultural lands and improvement of the ecological state through the consistent involvement of various technological groups in the work. Technological groups are developed taking into account the specifics of the problems under consideration and form problem-oriented technological complexes, starting from the conservation of the most disturbed territories and pumping direct land development using organic or biologized farming systems. The strategy makes it possible to develop consistent, scientifically grounded programs for the development of unused agricultural lands for a long time, for almost any environmental category.

References

1. Arzamasceva N. V., Prohorova N. V., Hamidova L. L. Problema dostovernosti i polnoty informacii o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya // *Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2021. № 3. P. 119-128.
2. Balakaj G. T., Kupriyanova S. V. Tehnicheskoe sostoyanie meliorativnyh sistem Rossii i predlozheniya po ih vosstanovleniyu // *Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya*. 2020. № 1 (77). P. 5-9.
3. Dubenok N. N., Ol'garenko G. V. Perspektivy vosstanovleniya meliorativnogo kompleksa Rossijskoj Federacii // *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. 2021. № 2. P. 56-59.
4. Kirejcheva L. V., Yurchenko I. F. Diagnostika degradacionnyh processov na neispol'zuemyh sel'skohozyajstvennyh zemlyah // *International Agricultural Journal*. 2021. T. 64. № 2.
5. Rezul'taty tehnologii vvedeniya zaleznyh zemel' v sevooborot / A. V. Kudryavcev, Yu. A. Kokorev, P. V. Morozov, V. V. Golubev, E. S. Belyakova, V. V. Kosolapov // *Vestnik NGI*. 2020. № 12 (115). P. 5-15.
6. Salpagarova I. A., Lyubimova I. N. Vozmozhnost' i celesoobraznost' vozvrata v sel'skohozyajstvennyj oborot ranee meliorirovannyh soloncovykh zemel' // *Pochvovedenie*. 2020. № 9. P. 1100-1110.
7. Semenova E. I., Titova V. I., Mityanin I. O. Soderzhanie tyazhelykh metallov v pochve posle raspashki zalezhi pervoj stadii sukcesii // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2020. № 1-1 (91). P. 108-113.
8. Hlystun V. N., Murasheva A. A., Stolyarov V. M. Konceptual'nye podhody k razrabotke i realizacii programmy вовлечения в оборот неиспользуемых сельскохозайственных земель // *Экономика сельскохозайственных и перерабатывающих предприятий*. 2020. № 5. P. 2-11.
9. Hodyachih I. N. Cmena aspektov fitocenozy na raznovozrastnyh zalezah stepnoj zony Yuzhnogo Urala // *Estestvennye i tehicheskie nauki*. 2021. № 5 (156). P. 77-80.
10. Shadskih V. A., Kizhaeva V. E., Romanova L. G. Jekologo-meliorativnye aspekty ispol'zovaniya oroshaemykh zemel' saratovskoj oblasti // *Jekologiya i stroitel'stvo*. 2020. № 2. P. 58-65.
11. Shevchenko V. A. Sovremennye ocenki neispol'zuemykh zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya na Nizhnej Volge // *Prirodoobustrojstvo*. 2020. № 2. P. 6-13.
12. Bell S. M. Soil organic carbon accumulation rates on mediterranean abandoned agricultural lands // *The Science of the Total Environment*. 2021. V. 759. P. 143535.
13. Khryk V. M., Kimeichuk I. V., Nosnikau V. V. Stability of natural regeneration at ravine-gully systems // *Proceedings of BSTU. Issue 1, Forestry, Nature Management, Processing of Renewable Resources*. 2021. № 2 (246). P. 103-111.
14. Kozak M., Pudelko R. Impact assessment of the long-term fallowed land on agricultural soils and the possibility of their return to agriculture // *Agriculture*. 2021. V. 11. N 2. P. 1-16.
15. Restoring steppe landscapes: patterns, drivers and implications in Russia's steppes / R. Pazur, P. H. Verburg, M. Bürgi, A. V. Prishchepov, K. Myachina, S. Levykin, G. Kazachkov, I. Yakovlev, E. V. Ponkina, N. Rogova, R. Akhmetov // *Landscape Ecology*. 2021. V. 36. N 2. P. 407-425.

Authors Information:

Shevchenko Viktor Alexandrovich, Corresponding Member of RAS, Director of the all-Russian research Institute of hydraulic engineering and melioration named after A. N. Kostyakov (127550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya street, 44, building 2), doctor of agricultural Sciences, Professor

E-mail: mail@vniigim.ru

Lytov Michail Nikolaevich, Leading Researcher, Volgograd Branch of the Federal State Budget Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation A.N. Kostyakova (400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), Candidate of Agricultural Sciences, assistant professor. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, E-mail: LytovMN@yandex.ru

Информация об авторах:

Шевченко Виктор Александрович, член-корреспондент РАН, директор Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова (127550, Москва, ул. Большая Академическая, 44, корпус 2), доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

E-mail: mail@vniigim.ru

Лытов Михаил Николаевич, ведущий научный сотрудник Волгоградского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, E-mail: LytovMN@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-31

THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE UNIFORM APPLICATION OF A WORKING SOLUTION ON THE IMPACTED OBJECT DURING THE TREATMENT OF AROUND CROPS BY THE METHOD OF STRIP SPRAYING

I.B. Borisenko^{1,2}, M. V. Meznikova¹, E. I. Ulybina^{1,3}

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia*

²*Federal State Budgetary Scientific Institution*

«Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», Astrakhan region

³*State Budget Professional Educational Institution*

«Sebryakovsky Technological College» Volgograd region, Russia

Received 12.09.2021

Submitted 15.11.2021

Abstract

Introduction. This article discusses the indicators and factors that affect the uniformity of the application of the solution to the processing object during the operation of chemical protection of row crops. The uniformity of the sunflower solution coating is estimated from the position of the traditional and strip technology of applying the solution to the plant. A theoretical justification is given for the indicator of the uniformity of applying a chemical solution to the culture in the longitudinal and transverse planes, depending on the vibrations of the sprayer rod. The analysis of the coefficient of variation of the solution distribution depending on the installation of the sprayers on the rod is also given. Since the effectiveness of covering the entire crop with drops of solution will depend on the drift of the drop by the wind, it is therefore necessary to try to install the sprayers as close as possible to the surface of the treatment, so that the drops of solution have time to reach the leaf plate of the plant without being vaporized. This is not always possible to achieve, since reducing the installation height of the sprayers. **Materials and methods.** To justify the factors affecting the reduction of rod vibrations during continuous and strip spraying, the operational and agro-technological requirements for rod sprayers were taken into account. They were also based on practical and theoretical studies previously obtained in the study of the parameters of rod sprayers. Mathematical dependences of the influence of vertical, transverse and angular vibrations of the rod on the uniformity of the coating of the plant with a chemical solution were derived. **Results and conclusions.** The theoretical justification of the factors affecting the uniformity of spraying along the line of movement in the longitudinal plane of the rod vibrations allowed us to determine the coefficient of variation as the most important parameter affecting the quality of spraying. The mathematical dependence of the height of the fusion of the H_c - zone of continuous spraying, on the distance between the sprayers M and the spray angle of the installed nozzle β , is also derived. The influence of vertical vibrations of the rod on the amount of coating of the culture with the spray torch is determined and the coefficient of change of these vibrations K_b is derived. According to the results of theoretical studies, it was concluded that for high-stemmed crops, such as sunflower, during the operation of chemical protection, it is necessary that the plant always remains in the zone of continuous directional spraying. Since with directional spraying, the maximum possibility of de-