

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-219-224>
УДК:

Д.В. Шуляк¹, В.А. Калягин¹, Д.М. Бенин²,
Х.А. Абдулмажидов^{2*}, Н.В. Гавриловская²

¹ООО «ВИННЕРЪ»
346787, Россия, Ростовская область,
г. Азов, Красногоровская ул., д. 19, офис 22

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева)
127550, Россия, г. Москва,
ул. Прянишникова, д. 19

*Автор для переписки: hamzat72@mail.ru

Вклад авторов: Шуляк Д.В.: проведение исследований, сбор и формальный анализ данных, визуализация, написание рукописи; Калягин В.А.: методология, курирование данных; Бенин Д.М., Абдулмажидов Х.А., Гавриловская Н.В.: концептуализация, ресурсы, руководство исследованием, редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шуляк Д.В., Калягин В.А., Бенин Д.М., Абдулмажидов Х.А., Гавриловская Н.В. Влияние планировки почвы сельскохозяйственного поля на почвенные условия по влажности. *Овощи России*. 2025;(6):219-224.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-219-224>

Поступила в редакцию: 21.04.2025

Принята к печати: 25.08.2025

Опубликована: 18.12.2025

Dmitry V. Shulyak¹, Vitaly A. Kalyagin¹,
Dmitry M. Benin², Khamzat A. Abdulmazhidov^{2*},
Nadezhda V. Gavrilovskaya²

¹WINNER LLC
Krasnogorovskaya street, 19, office 22,
Azov, Rostov region, 346787, Russia

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)
Pryanishnikova str., 19, Moscow, 127550, Russia

*Correspondence: hamzat72@mail.ru

Authors' Contribution: Shulyak D.V.: research, data collection and formal analysis, visualization, writing a manuscript; Kalyagin V.A.: methodology, data supervision; Benin D.M., Abdulmazhidov Kh.A., Gavrilovskaya N.V.: conceptualization, resources, research management, manuscript editing.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

For citation: Shulyak D.V., Kalyagin V.A., Benin D.M., Abdulmazhidov Kh.A., Gavrilovskaya N.V. Influence of soil leveling in an agricultural field on soil conditions in terms of moisture. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(6):219-224. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-219-224>

Received: 21.04.2025

Accepted for publication: 25.08.2025

Published: 18.12.2025

Влияние планировки почвы сельскохозяйственного поля на почвенные условия по влажности

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Цель исследования заключается в определении влияния операций планировки почвы сельскохозяйственного поля на почвенные условия по влажности.

Методы. Основными методами исследований, использованными в работе, были: а) измерение; б) сравнение, в) моделирование, г) анализ. Для обеспечения высоких урожаев сельскохозяйственных культур необходимо поддерживать оптимальные уровни для растений по водному, воздушному и питательному режимам. Для анализа состояния поля в работе были применены принципы GPS технологий, которые в плане оценки, а также повторного исследования выгодно отличаются от лазерных технологий.

Результаты. Сельскохозяйственное поле с неровной поверхностью имеет понижения и повышения уровней. Очевидно, что влага будет накапливаться в понижениях. Отсюда следует, что на повышениях будет наблюдаться нехватка влаги для растений, а на понижениях – избытки. Для исключения таких проблем выполняется планировка полей. Возможной негативной составляющей при планировке поверхности сельскохозяйственного поля является срезание почвенного слоя и оголение, и при этом нижних слоев, плодородность которых значительно ниже. В статье представлены результаты исследований сельскохозяйственных полей, на которых выполняется планировка. Планировка полей призвана для повышения урожайности, которая обеспечивается равномерным распределением оросительной воды по всей площади, обеспечивая при этом все растения требуемым количеством влаги на весь период вегетации. В заключении определена важность рассмотрения влияния срезаемой рабочим органом планировщика толщины плодородного слоя почвы на урожайность сельскохозяйственной культуры.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

мелиоративные системы, планировка полей, поверхность поля, плодородный слой, скрепер-планировщик, GPS технологии

Influence of soil leveling in an agricultural field on soil conditions in terms of moisture

ABSTRACT

Relevance. The purpose of the study is to determine the effect of soil leveling operations of an agricultural field on soil conditions in terms of moisture.

Methods. The main research methods used in the work were: a) measurement; b) comparison, c) modeling, d) analysis. To ensure high yields of crops, it is necessary to maintain optimal levels for plants in terms of water, air and nutrient regimes. To analyze the state of the field, the principles of GPS technologies were applied in the work, which in terms of evaluation, as well as re-examination, compare favorably with laser technologies.

Results. An agricultural field with an uneven surface has lowering and rising levels. Obviously, moisture will accumulate in depressions. It follows that there will be a lack of moisture for the plant at elevations, and excess at depressions. To eliminate such problems, the layout of the fields is carried out. A possible negative component in the planning of the surface of an agricultural field is the cutting of the soil layer and denudation, and at the same time the lower layers, the fertility of which is much lower. The article presents the results of studies of agricultural fields on which planning is carried out. Field planning is designed to increase yields, which is provided by the uniform distribution of irrigation water over the entire area, while providing all plants with the required amount of moisture for the entire growing season. In conclusion, the importance of considering the influence of the thickness of the fertile soil layer cut by the working body of the planner on the yield of the agricultural crop is determined.

KEYWORDS:

reclamation systems, field planning, field surface, fertile layer, scraper-leveler, GPS technologies

Введение

Планировка сельскохозяйственных полей – это весьма важный технологический процесс, повышающий урожайность выращиваемой культуры за счет обеспечения строгой горизонтальности участка. Ровное поле поддерживает необходимые для культуры водный, воздушный и питательные режимы [1-3]. Кроме того, строго горизонтальная поверхность наиболее эффективна для механизации всего процесса. Подтверждением необходимости проведения планировки является то, что при орошении растение, находящееся на склоне, страдает от нехватки влаги, а растения на понижениях – от избытка воды и нарушения воздушного режима [4-6]. Очевидно, что на строго горизонтальной поверхности поля все растения будут получать одинаковое требуемое количество влаги в течение всего периода вегетации. Для планировки сельскохозяйственных полей могут быть применены длиннобазовые или короткобазовые планировщики с автоматическим управлением, кроме того, применяются скрепер-планировщики. Рабочим органом длиннобазового планировщика является бездонный ковш под рамой. При движении бездонный ковш своей режущей кромкой срезает грунт на повышениях, заполняется грунтом, образуя призму волочения внутри и перед ковшом. Далее грунт из призмы заполняет понижения и разравнивается ковшом. Качество планировки у длиннобазовых планировщиков выше по сравнению с короткобазовыми, однако они уступают в плане маневренности. В связи с этим наибольшее часто в настоящее время используются универсальные скрепер-планировщики.

Цель и задачи исследования

Цель исследования заключается в определении влияния операций планировки почвы сельскохозяйственного поля на условия влажности.

Для достижения данной цели решены задачи по определению:

- естественно-производственных условий эксплуатации сельскохозяйственного поля и его характеристик с применением принципов GPS технологий;
- неровностей поверхности поля топографической съемкой с помощью системы нивелирования «Горизонт» и результатов съемки с обработкой в системе WM-Form разработанной компанией Trimble;
- коэффициента срезания почвенного слоя;
- производительности скрепера планировщика;
- спектральной плотности выравниваемой планировщиком поверхности поля с оценкой состояния и глубины почвенного слоя с помощью агрегата для снятия проб почвы «Робопроб».

Методы исследования

Объектом исследований явились сельскохозяйственные площади в 27,7 га (координаты центральной точки 57°18'57.5" с. ш., 39°18'55.3" в. д., средняя высота над уровнем моря 102 м) для выращивания салата агропредприятия ООО «Красный Маяк», расположенные в Ростовском районе Ярославской области. На сельскохозяйственном поле (рис. 1) проводится орошение дождеванием с помощью дождевальной машины кругового действия Valley.

Основными методами исследований, использованными в работе, были: а) измерение; б) сравнение, в) моделирование, г) анализ.

Для анализа состояния поля в работе были применены принципы GPS технологий, которые в плане оценки, а также повторного исследования выгодно отличаются от лазерных технологий. Значительная часть поля до планировки имела средние значения по высоте над уровнем моря в пределах от 102 до 102,4 м. После планировки для данного участка поля значения оказались близки к 102,2 м.



Рис. 1. Исследуемое поле для выращивания салата
Fig. 1. Study field for growing lettuce

Технология проведения выравнивания поля требует выполнения предварительной съемки для оценки и планирования объемов работ. Топографическая съемка проводилась с помощью системы нивелирования «Горизонт». Данная система позволяет снимать высотные отметки в местной локальной системе координат по осям X, Y, Z с точностью до 2 см.

Полученные результаты съемки обрабатывали в системе WM-Form, разработанной компанией Trimble. Система WM-Form создает цифровую модель, на основании которой формируется высокоточная объемная (рельефная) поверхность поля. Перечисленные системы в дальнейшем могут быть использованы для контроля качества выполненных планировочных работ.

Результаты и обсуждение

Программное обеспечение позволяет моделировать осадки и сохранение влаги при изменении горизонтального угла, отсчитываемого между заранее выбранным направлением (например, северным) и направлением на заданный предмет для посадки и обработки почвы.

При этом создается новая поверхность поля с минимальным перемещением почвы в период планировки, и, которая будет соответствовать наилучшим условиям для выращивания сельскохозяйственной культуры.

На рисунке 2 представлены виды состояния исследуемого поля до и после планировочных работ.

Очевидно, что процесс проведения планировки поля включает в себя операции срезания почвы на повышениях поверхности поля и перемещение их на участки с понижением [7-9]. При этом в процессе работы планировщика или

скрепера-планировщика на тех участках с повышениями, где происходит срез почвенного плодородного слоя толщиной 25-40 см возможно «оголение» подпочвенных переходных слоев, которые не обладают таким же количеством питательных веществ как в верхнем почвенном плодородном слое [10-12].

Возникновение таких «островков» при планировке может отразиться на качестве и урожайности культуры. Здесь исследователи сталкиваются с тем, что с одной стороны для повышения урожайности проводится планировка и выравнивание сельскохозяйственного поля, а с другой стороны в процессе планировки формируются участки поля, на поверхность которых выходит подпочвенный грунтовый слой.

Работы по изучению влияния планировки и выравнивания плодородного слоя на равномерность формирования зеленой биомассы были проведены в рамках настоящего исследования. Они заключались в предварительной оценке площадей участков поля, где произошло «оголение» грунтов, и сравнении равномерности распределения биомассы на них с данным показателем на участках с ненарушенным плодородным почвенным слоем.

Условно количество и площадь «островков» можно оценить коэффициентом срезания почвенного слоя K_n , который определяется отношением суммарной площади S_o оголенных участков (островков) к общей площади поля S .

$$K_n = \frac{\sum S_o}{S},$$

где S_o – суммарная площадь оголенных участков, м²;
 S – общая площадь поля, м².

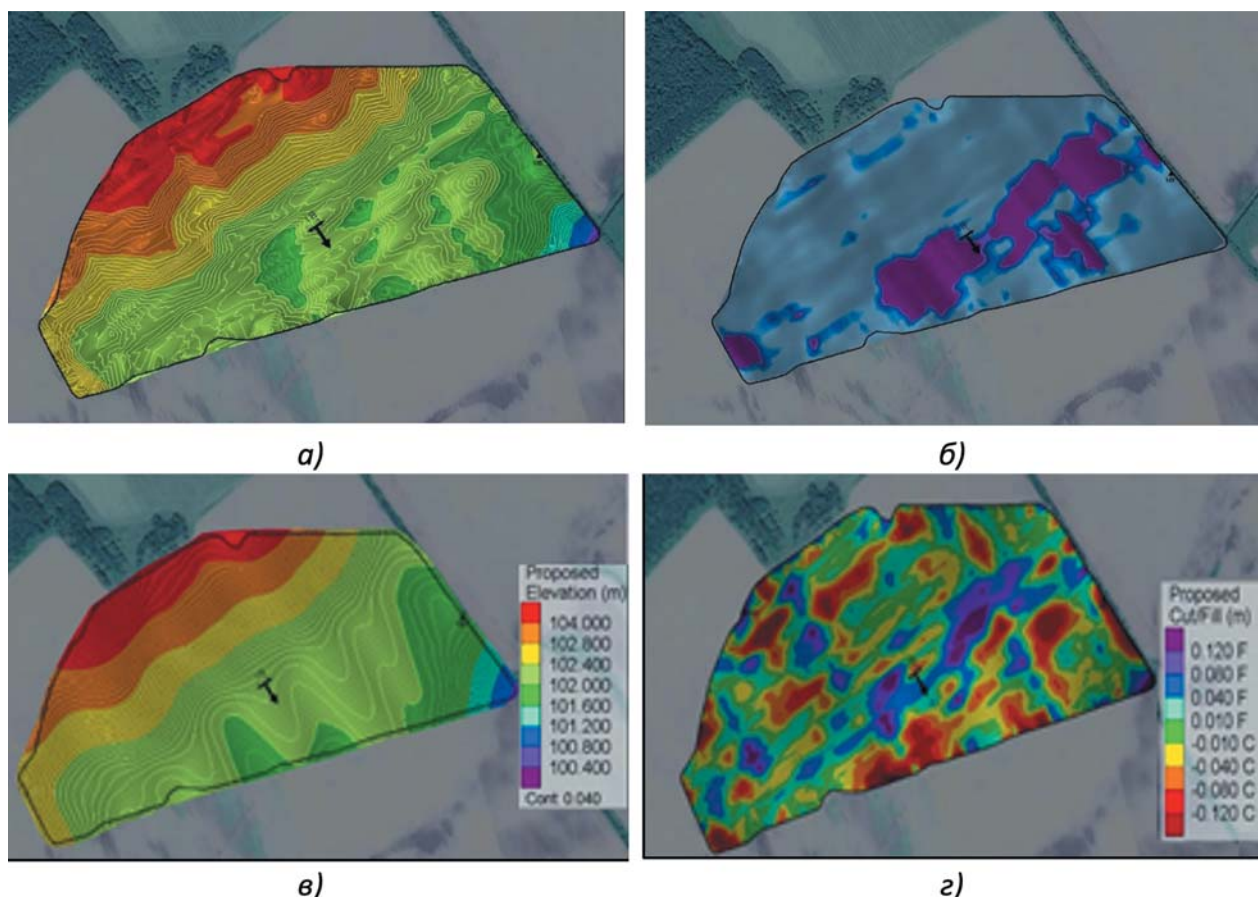


Рис. 2. Состояние выравниваемого поля: а) топографическая съемка до планировки; б) карта вымоков до планировки; в) топографическая съемка после планировки; г) карта выемок и отсыпок
Fig. 2. Condition of the leveled field: a) topographic survey before planning; b) map of soaks before planning; c) topographic survey after planning; d) Map of cuts and fillings

Очевидно, что лучшая ситуация для обеспечения высоких урожаев будет складываться при отсутствии оголенных грунтовых участков поля. Однако этот вопрос, с учетом проведенных планировочных работ, требует уточнения.

Для выяснения влияния переноса почвенного слоя на равномерность формирования зеленой биомассы сельскохозяйственной культуры предварительно была получена картограмма поля с оголенными участками (рис. 2, г) с коэффициентом $K_{\text{П}}=0,3$ и картограмма поля с выращенной сельскохозяйственной культурой (рис. 3). Коэффициент $K_{\text{П}}=0,3$ означает, что выравненной поле имеет 30% «оголенных» участков поля, на которых урожайность с учетом низкого содержания питательных веществ для культуры возможно будет ниже.

Несмотря на то, что выполняется планировка со срезанием плодородного слоя, снимки NDVI (Normalized difference vegetation index – нормализованный вегетационный индекс, числовой показатель качества и количества растительности на участке поля) [12] показывают, что есть улучшение водно-воздушного режима и нет критичного отсутствия зеленой массы урожая в местах среза грунта.

Такое состояние сельскохозяйственной культуры можно объяснить эффективностью планировки поля, отсутствием строгой переходной границы между плодородным слоем и низ лежащими слоями грунта, что «не совсем лишает» культуру питательных веществ. Таким образом, сравнение двух картограмм показало равномер-

ность распределения зеленой биомассы по всему выравненному полю независимо от наличия «оголенных островков».

Программа позволяет также оптимизировать распределение воды по поверхности поля. При высокой степени выравнивания поля исключаются участки с большим количеством воды на поверхности, это способствует равномерному распределению по всему полю. По величине выровненности поля в последующем можно прогнозировать урожайность, что позволяет формировать дифференцированные карты урожайности, которые можно учитывать в последующие годы. Кроме того, имеется возможность определять участки поля с возможными очагами заболеваний.

Графоаналитические характеристики полученной новой поверхности можно сохранить в качестве отдельных файлов в систему управления базового трактора землеройно-транспортной машины. Наличие координат по площади и высоте поля позволяет системе управления рабочим органом скрепера планировщика сравнивать координаты понижений или повышений с расположением отвального рабочего органа в пространстве и управлять им по высоте в соответствии с координатами Z.

Формирование новой поверхности поля в рассматриваемом примере осуществляется скрепер-планировщиком. Работа его заключается в выполнении операций среза участков повышения и перемещения с выравниванием на участки понижений.

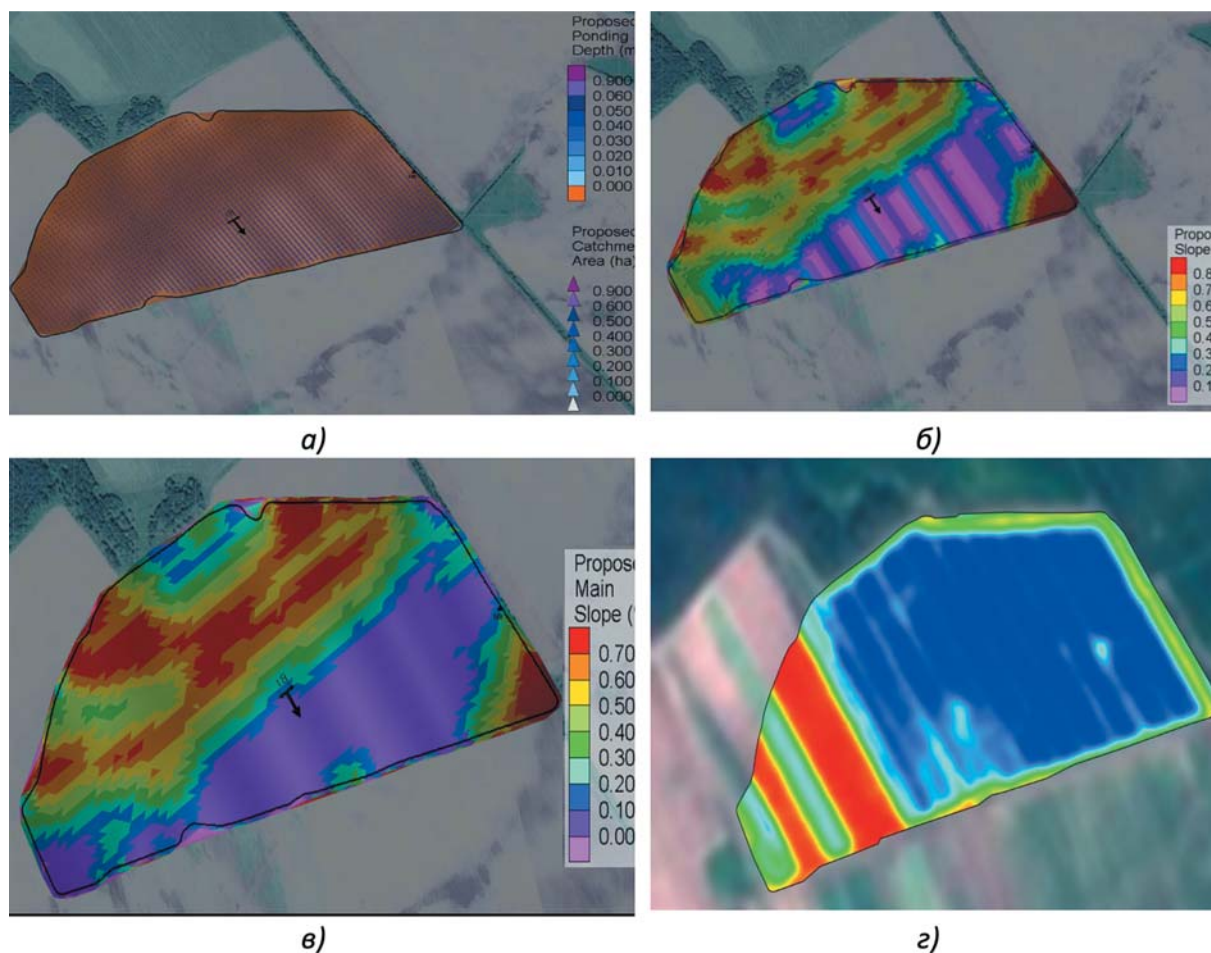


Рис. 3. Исследование поля в системе NDVI: а) величина глубины заболачивания; б) карта среза плодородного слоя поля с максимальными значениями; в) карта среза плодородного слоя поля с минимальными значениями; г) картограмма поля с выращенной культурой, снимок поля исследуемого поля с NDVI
Fig. 3. Field study in the NDVI system: a) the value of the depth of swamping; b) a cross-section map of the fertile layer of the field with maximum values; c) a cross-section map of the fertile layer of the field with minimum values; d) cartogram of the field with the grown crop, a snapshot of the field under study with NDVI;

Наибольший интерес представляет топографическая съемка до планировки и после планировки. На фото до планировки видны островки с понижениями, на фото после планировки они ликвидированы с общим понижением на юго-восток. При этом диапазон изменения высотных отметок находится в пределах от 100,4 до 104 м на все исследуемое поле, причем максимальное снижение сконцентрировано в правом нижнем углу.

Применение лазерной технологии при выравнивании поля имеет свои достоинства и недостатки. К достоинствам можно отнести возможность получения точных результатов по поверхности поля, а к недостаткам относится значительные затраты времени и ресурсов при работе.

Планировка поверхности поля производится такими машинами как скреперы, длиннобазовые и короткобазовые планировщики. Наибольшее распространение в настоящее время находят скреперы, это связано с их универсальностью. Производительность скрепера определяется по формуле:

$$P = \frac{V \cdot K_g \cdot K_n}{K_p \cdot T_{\text{ц}}}$$

где V – вместимость ковша, м³;
 K_g – коэффициент использования машины по времени;
 K_n – коэффициент наполнения ковша;
 K_p – коэффициент разрыхления грунта;
 $T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла работы скрепера, определяемая суммой

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{наб}} + t_{\text{гр}} + t_{\text{пор}} + t_{\text{разгр}} + t_{\text{перекл}},$$

где $t_{\text{наб}}$ – время набора грунта, мин;
 $t_{\text{гр}}$ – время груженого хода;
 $t_{\text{пор}}$ – время порожнего хода, мин;
 $t_{\text{разгр}}$ – время разгрузки ковша, мин;
 $t_{\text{перекл}}$ – время переключения передач, мин.

Работа планировщиков по выравниванию поверхности рисового чека может быть описана следующей формулой [13]:

$$S2 = SA^2$$

где $S2$ – спектральная плотность выравниваемой планировщиком поверхности поля в виде двумерной матрицы;

S – спектральная плотность поверхности участка поля после одного прохода планировщика представленная также в виде двумерной матрицы;

A – амплитудно-частотная характеристика планировщика, представленная в виде квадратной диагональной матрицы.

Используемая в формуле спектральная плотность базирующееся на преобразовании Фурье связана с рассмотрением и съемкой выравниваемого прямоугольного поля как с его длинной, так и с короткой стороны. Такое рассмотрение позволяет оценивать чередующееся множество понижений и повышений поверхности с максимальными и минимальными их значениями.

Однако из существующих схем вертикальной съемки поверхности поля (типовая петлевая съемка; экспресс-съемка: а) диагонально перекрестный маршрут, б) дважды перекрестный маршрут) такое рассмотрение подходит только для петлевой съемки, когда оценка проводится по параллельным сторонам поля.

Плодородный слой поверхности выравниваемого слоя имеет разную толщину, поэтому одной из возможных проблем, с которыми могут столкнуться сельхозпроизводители при выравнивании сельскохозяйственного поля, является срезание, перенос и удаление верхнего плодородного слоя почвы с оголением нижнего грунтового пласта. Это отражается на урожайности выращиваемой культуры.

В таких случаях можно проводить оценку глубины плодородного слоя по всему участку применением машин для оценки почв. Таким агрегатом является «Робопроб», представляющий собой самоходный мини-вездеход с автоматическими рабочим устройством и системой управления, перемещающийся на гусеничном ходу, снабженный буровым рабочим оборудованием, отбирающим пробы почвы и грунта на глубину до 0,5 м. Он перевозится любым автомобильным транспортом на прицепе. В поле машина передвигается самостоятельно по маршруту. Применение таких машин позволит контролировать и поддерживать оптимальную глубину плодородного слоя при проведении работ по выравниванию сельскохозяйственного поля.

По проведенному анализу задач выравнивания поверхности сельскохозяйственных полей можно сделать выводы о том, что:

- выравнивание поверхности может значительно повышать урожайность сельскохозяйственных культур;
- наибольшее применение в процессе выравнивания находят машины с системами автоматического управления рабочим оборудованием;
- для оценки состояния планируемого участка рекомендуется применять методы статистического исследования высотных отклонений неровностей от нулевой поверхности;
- для исследования плодородного слоя выравниваемого участка с целью его сохранения рекомендуется применять роботизированную машину «Робопроб».

Выводы

1. Несмотря на то, что произведена планировка поля со срезанием плодородного слоя, снимки NDVI подтверждают наличие улучшения водно-воздушного режима и отсутствие сокращения зеленой массы-урожая в местах среза грунта.

2. Улучшение достигнуто за счет качественной планировки поля, отсутствия строгой переходной границы между плодородным слоем и низлежащими слоями грунта, что не лишает культуру питательных веществ.

3. Исследования подтверждают, что в рассмотренных условиях высокая урожайность выращиваемой культуры в большей степени зависит от качественно выполненной планировки поверхности поля и в меньшей степени от наличия участков с «оголенными» грунтами. Выявлено оптимальное значение коэффициента срезания почвенного слоя.

4. Способ планировки выравнивания полей на основе использования GPS по сравнению с другими методами не требует больших временных и материальных затрат. Определена производительность скрепера-планировщика.

5. Для оценки состояния и глубины плодородного слоя целесообразно применять самоходный агрегат «Робопроб», способный исследовать всю площадь сельскохозяйственного поля.

• Литература

1. Крутько С.М., Саквенков К.М., Тиво П.Ф., Высоцкая М.Е. Влияние планировки поверхности на плодородие осушенных связных почв. *Мелиорация*. 2012;1(67):128–134. <https://www.elibrary.ru/tahkfu>
2. Башняк С.Е., Башняк И.М. Ресурсосберегающая технология подготовки почвы рисовых полей к посеву в условиях Ростовской области. *Вестник Донского государственного аграрного университета*. 2018;3–1(29):75–82. <https://www.elibrary.ru/ylqzmt>
3. Ревин Ю.Г. Характеристики микрорельефа рисовых чеков и общие рекомендации по выполнению планировочных работ. *Природообустройство*. 2008;(4):96–99. <https://www.elibrary.ru/jxvgjb>
4. Мурадов Р.А. Планировка земель на просадочных грунтах. *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2014;3(15):69–81. <https://www.elibrary.ru/szioez>
5. Богославчик П.М., Батышко О.А., Селезнев В.И., Высоченко А.В. Современный опыт проектирования объектов мелиорации и реконструкции мелиоративных систем. *Наука и техника*. 2014;(5):67–74.
6. Горохова И.Н., Хитров Н.Б., Прокопьева К.О., Харланов В.А. Почвенный покров Светлоярской оросительной системы через полвека мелиоративных воздействий. *Почвоведение*. 2018;(8):1033–1044. <https://doi.org/10.1134/S0032180X18080130> <https://www.elibrary.ru/xzzhdf>
7. Ефремов А.Н. Импортзамещение мелиоративных машин с лазерным управлением для планировки орошаемых земель. *Мелиорация и водное хозяйство*. 2016;(2):32–34. <https://www.elibrary.ru/whaxbl>
8. Семененко С.Я. Техногенная оптимизация поверхностного стока в орошаемом земледелии. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: *Наука и высшее профессиональное образование*. 2022;2(66):388–396. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-02-48> <https://www.elibrary.ru/jloiw1>
9. Севрюгина Н.С., Апатенко А.С., Голубев И.Г. и др. Технологии и технические средства рекультивации залежных земель с регулированием уровня увлажненности почвы. *Природообустройство*. 2023;(3):38–44. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-3-38-44> <https://www.elibrary.ru/hzkhke>
10. Ефремов А.Н., Головинов Е.Э. Проектирование и планировка орошаемых и осушаемых земель. *Экологические системы и приборы*. 2022;(1):32–40. <https://doi.org/10.25791/esip.1.2022.1280> <https://www.elibrary.ru/chgnip>
11. Антонов Е.В. Комплексная технология планировки рисовых чеков с помощью скрепера-планировщика СП-4,0. *Мелиорация и водное хозяйство*. 2008;(5):43–45. <https://www.elibrary.ru/kawdyf>
12. Рыбушкин Н.А., Сафина А.Н., Безменов В.М. Использование NDVI и NDWI индексов в анализе снимков спутников дистанционного зондирования Земли для мониторинга состояния сельскохозяйственных полей. Природно-ресурсный потенциал и экологическая реабилитация деградированных ландшафтов : Материалы Международной научно-практической конференции, Грозный, 17–18 марта 2023 года. Грозный: Чеченский государственный университет имени Ахмата Абдулхамидовича Кадырова, 2023. С. 286–290. <https://doi.org/10.36684/86-1-2023-286-290> <https://www.elibrary.ru/gilquu>
13. Ревин Ю.Г. Процесс выравнивания поверхности рисового чека мелиоративным планировщиком. Аналитическое представление. *Природообустройство*. 2010;(5):85–88. <https://www.elibrary.ru/lulovq>

• References (in Russ.)

1. Krutko S.M., Sakvenkov K.M., Tivo P.F., Vysotskaya M.E. The influence of surface planning on the fertility of drained coherent soils. *Land reclamation*. 2012;1(67):128–134. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/tahkfu>
2. Bashnak S.E., Bashnak I. M. Resource-saving technology of preparing the soil of rice fields for sowing in the conditions of the Rostov region. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018;3–1(29):75–82. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/ylqzmt>
3. Revin Yu.G. Characteristics of the rice checkrow microrelief and general recommendations on fulfillment of planning works. *Prirodoobustroystvo*. 2008;(4):96–99. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/jxvgjb>
4. Muradov R.A. Land grading at subsidence soils. *Scientific journal of Russian scientific research institute of land improvement problems*. 2014;3(15):69–81. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/szioez>
5. Bogoslavchik P.M., Batyushko O.A., Seleznev V.I., Vysochenko A.V. Modern experience in designing melioration facilities and reconstruction of melioration systems. *Science and Technology*. 2014;(5):67–74. (In Russ.)
6. Gorokhova I.N., Khitrov N.B., Prokopyeva K.O., Kharlanov V.A. Soil cover of the Svetloyarsk irrigation system through half a century of reclamation impacts. *Pochvovedenie*. 2018;(8):1033–1044. (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S0032180X18080130> <https://www.elibrary.ru/xzzhdf>
7. Efremov A.N. Importsubstitution the meliorative machines for a planning of the irrigated earths. *Land reclamation and water management*. 2016;(2):32–34. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/whaxbl>
8. Semenenko S.Y. Technogenic optimization of surface runoff in irrigated agriculture. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2022;2(66):388–396. (In Russ.) <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-02-48> <https://www.elibrary.ru/jloiw1>
9. Sevryugina N.S., Apatenko A.S., Golubev I.G., Gustov Yu.I., Fomin A.Yu. Technologies and technic means of reclamation of fallow lands with regulation of the level of soil moisture. *Prirodoobustroystvo*. 2023;(3):38–44. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-3-38-44> <https://www.elibrary.ru/hzkhke>
10. Efremov A.N., Golovinov E.E. Designing and planning of the irrigated and drained earths. *Ecological systems and devices*. 2022;(1):32–40. (In Russ.) <https://doi.org/10.25791/esip.1.2022.1280> <https://www.elibrary.ru/chgnip>
11. Antonov E.V. Complex technology of planning rice checks with the help of SP-4,0 scraper-planner. *Land reclamation and water management*. 2008;(5):43–45. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/kawdyf>
12. Rybushkin N.A., Safina A.N., Bezmenov V.M. Using NDVI and NDWI indices in the analysis of Earth remote sensing satellite images to monitor the state of agricultural fields. Natural resource potential and ecological rehabilitation of degraded landscapes: Proceedings of the International scientific and practical conference, Grozny, March 17-18, 2023. Grozny: Chechen State University named after Akhmat Abdulhamidovich Kadyrov, 2023. P. 286-290. (In Russ.) <https://doi.org/10.36684/86-1-2023-286-290> <https://www.elibrary.ru/gilquu>
13. Revin Y.G. Process of leveling the surface of a rice check by a land reclamation planner. Analytical representation. *Prirodoobustroystvo*. 2010;(5):85–88. (In Russ.)

Об авторах:

Дмитрий Валерьевич Шуляк – Генеральный директор
Виталий Анатольевич Калягин – исполнительный директор
Дмитрий Михайлович Бенин – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры сельскохозяйственного водоснабжения, водоотведения, насосов и насосных станций, <https://orcid.org/0000-0003-1265-4071>; Scopus Author ID: 57216751281; SPIN-код: 6243-0567
Хамзат Арсланбекович Абдулмажидов – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ, <https://orcid.org/0000-0002-7699-4799>; Scopus Author ID: 57224176106; Web of Science ResearcherID AAE-5817-2022; SPIN-код: 7201-8282, автор для переписки, Hamzat72@mail.ru
Надежда Владимировна Гавриловская – кандидат технических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой систем автоматизированного проектирования и инженерных расчетов, <https://orcid.org/0000-0001-5060-7837>; Scopus Author ID: 57221617277; SPIN-код: 6622-7736

About the Authors:

Dmitry V. Shulyak – General Director
Vitaly A. Kalyagin – Executive Director
Dmitry M. Benin – Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agricultural Water Supply, Sanitation, Pumps and Pumping Stations, <https://orcid.org/0000-0003-1265-4071>; Scopus Author ID: 57216751281; SPIN-code: 6243-0567
Khamzat A. Abdulmazhidov – Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Organization and Technologies of Irrigation and Reclamation and Construction Works, <https://orcid.org/0000-0002-7699-4799>; Scopus Author ID: 57224176106; Web of Science ResearcherID AAE-5817-2022; SPIN-code: 7201-8282, Corresponding Author, Hamzat72@mail.ru
Nadezhda V. Gavrilovskaya – Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Acting Head of the Department of Computer-Aided Design Systems and Engineering Calculations, <https://orcid.org/0000-0001-5060-7837>; Scopus Author ID: 57221617277; SPIN-code: 6622-7736