

НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ И ГОРНЫЕ НАУКИ

УДК 622.331:556.043

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПОЛЕВУЮ СУШКУ ТОРФЯНОГО СЛОЯ ПРИ ЕГО ДОБЫЧЕ

О.В. ПУХОВА, канд. техн. наук

Тверской государственный технический университет
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22, e-mail: owpuhova@mail.ru

© Пухова О.В., 2023

Рассмотрены вопросы влияния технологических параметров (уровня вод, погоды), от которых зависит скорость сушки продукции, при разработке торфяного месторождения «Святинское», а точнее, при полевой сушке торфяной крошки, получаемой фрезерованием залежи. Для опытных карт производственной площадки приведены показатели сезонных исследований. Для этого были определены влажность сушимого слоя, показатели колебания уровня грунтовых вод и объем влаги, которая впитывалась из подстилающей залежи и дождевых осадков, увлажняя сушимый торфяной слой. На четырех картах с открытой осушительной сетью в течение сезона проведено наблюдение за погодными условиями, а также колебаниями уровня грунтовых вод в картовых каналах. Проанализированы сложность заложения щелевого дренирования и его влияние на водно-воздушный режим верховой залежи при изменении уровня грунтовых вод в течение сезона. Показано, что щелевой дренаж совместно с открытыми каналами оказывает благоприятное действие на осушение производственной площадки. Установлено, что грунтовые воды под действием гравитационных сил, т.е. при разности напоров в торфяной залежи и дренах, просачиваются внутрь полости, затем под уклоном сбрасываются в сборную сеть открытых каналов и выводятся за пределы осушаемой производственной площадки. Рекомендовано использовать результаты сезонных исследований и анализ процессов передвижения влаги для разработки и обоснования мероприятий по улучшению водно-воздушного режима торфяной залежи с разработкой интенсивного метода осушения, а также для сохранения необходимых условий.

Ключевые слова: торфяная крошка, метеорологические показатели, гидрологический режим, уровень грунтовых вод, открытая осушительная сеть, дренаж, процессы сушки, торфяная залежь, торфяной слой.

DOI: 10.46573/2658-5030-2023-3-53-61

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время промышленные предприятия активно осваивают новые схемы мелиорации торфяников, под которыми расположены песчаные залежи, современные способы получения органоминеральных формованных удобрений с полным набором микроэлементов, а также создания инновационной продукции [1, 2] для использования в зеленом строительстве и сельском хозяйстве.

Добыча торфа зависит от климатических условий, так как для получения готовой продукции (при условной влажности) сейчас применяется сушка в полевых

условиях [4, 5]. Необходимо учитывать обстоятельства полного извлечения торфа из месторождения и его рационального использования [6], поэтому при проектировании участка по добыче торфа принимают во внимание все климатические, геологические и гидрогеологические условия.

При естественной сушке торфяного сырья большое значение имеют метеорологические условия. К ним можно отнести температуру и влажность воздуха, скорость ветра, облачность и прочее, причем у данных показателей широкий диапазон изменения в течение различного времени. Когда проектируется технологический процесс добычи торфяного сырья, при подборе слоя для оптимизации сушки в полевых условиях учитывают многолетние данные метеорологических факторов. Оптимальный слой, в свою очередь, зависит от глубины фрезерования и вида ножей фрезерного барабана. В течение сезона фрезерование производят на постоянной глубине, однако это негативно сказывается на добычных работах. Так, в бездождные теплые ветреные дни торфяной слой высыхает до уборочной влажности раньше установленного срока добычи. Дальше происходит пересушка. Это приводит к пылению, а в ветреные дни – к пылевым бурям, которые загрязняют прилегающие территории, из-за чего приходит в негодность готовая продукция. В итоге сокращается количество продукции в технологических циклах (происходит недобор) и не в полном объеме используются погодные условия для полевой сушки. В дождливые дни, наоборот, сушимый торфяной слой на переувлажненном подстиле не может достичь уборочной влажности до конца технологического цикла, а благоприятные погодные условия не могут быть использованы по максимуму для полевой сушки. Появляется необходимость в определении новых сроков, процесс сушки сдвигается на следующие дни. В результате уменьшается количество уборочных цикловых и сезонных сборов, установленный план по объему добычи не выполняется. Таким образом, для понижения влажности верхнего слоя залежи необходимо использовать не только сеть открытых каналов, но и прокладку закрытых дренажей. За счет этого понижается уровень грунтовых вод, происходит переменное уменьшение влажности торфяной залежи в целом [7, 8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на четырех картах производственной площадки месторождения «Святинское», которое расположено в Тверской области и сложено торфом верхового типа: магелланикумом и пушицево-сфагновым со степенью разложения 20–25 %. На двух картах был прорыт целевой дренаж [9]. Чтобы фиксировать метеорологические параметры, использовали психрометрическую будку для определения температуры и влажности воздуха, ручной анемометр – для установления скорости ветра; проводили визуальную оценку количества облаков по 10-балльной шкале. Для контроля уровня грунтовых вод в картовых каналах были установлены линейки. Замеры проводились ежедневно. Количество выпавших осадков контролировали осадкомером Третьякова. Испарение с поверхности торфяной залежи определяли испарителем Топольницкого. Влажность торфа устанавливалась по стандартной методике с использованием сушильной установки. Целевой дренаж с открытыми полостями был заложен на картах № 3 и 4 параллельно картовым каналам на глубину 0,9...1,2 м.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе исследований было установлено, что за сезон грунтовые воды, находящиеся ниже уровня поверхности карты на 50...60 см, не повышают влажность поверхности торфяной залежи и потому не влияют на процессы полевой сушки

торфяного слоя оптимальной толщины (рис. 1). Анализ рис. 1 показывает, что после 50 см подпитка торфяного слоя отсутствует.

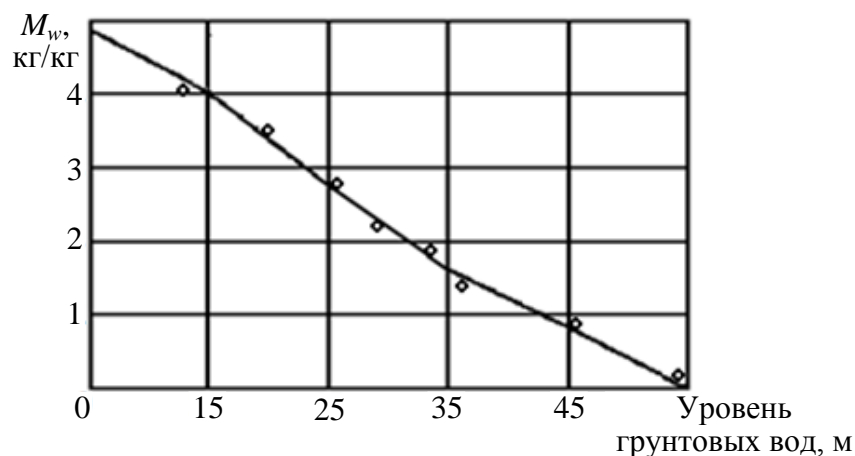


Рис. 1. Зависимость подпитывающей влаги M_w от уровня грунтовых вод

Влажность торфа в залежи относится к неустойчивому показателю и изменяется в зависимости от района расположения месторождения, температуры окружающей среды и водного режима. Очень сильно она зависит от воздействия вторичных процессов (половодья, осушения прилегающих территорий, наличия/отсутствия залесенности). Однако такой уровень грунтовых вод трудно удерживать из-за нестабильности работы открытой осушительной сети и засорения водоотводных труб. Как правило, картовые каналы полностью заполнены водой. Это удовлетворяет условиям только при производстве кускового торфа фрезформовочным способом [5, 10].

В ходе подготовки торфяного месторождения к разработке с помощью экскаваторов и специальных машин прокладывается сеть открытых каналов. У этих каналов дно имеет уклон в сторону водоприемника, они способны отводить в него воду, а также регулировать поверхностный сток вод и уровни грунтовых вод. На производственной площадке были использованы виды каналов [12, 13]:

картовый – прорыт через 20 м, использован для отвода вод в валовые каналы;

валовый – проложен перпендикулярно картовым каналам на расстоянии 500 м;

магистральный – в него текут воды из валовых;

закрытые дрены – заложены перпендикулярно картовым каналам для дополнительного отвода вод;

нагорно-пожарный – соединен с валовым каналом и устройством шлюзов для противопожарных целей.

Перед водоприемником обязательно устраивается отстойник для очистки торфяных вод. Применение дренажа с открытыми полостями позволяет быстро снизить переувлажнение торфяной залежи, но работоспособность полостей составляет один сезон, так как происходит их смыкание из-за работы оборудования. Однако эффект применения дренажа компенсирует этот недостаток.

В геотехнологии добыча фрезерным способом негативно влияет на процесс полевой сушки (увеличивается продолжительность сушки, имеет место плохое обезвоживание) и длительность технологического цикла. В связи с этим применение дренажа (рис. 2) обосновано. Так, грунтовые воды при любом виде дренажа из-за разности напоров в грунте и дрене попадают внутрь труб, либо скважин, либо открытых каналов. Далее по уклону или насосными установками они перекачиваются в сборную осушительную сеть за пределы территории месторождения.

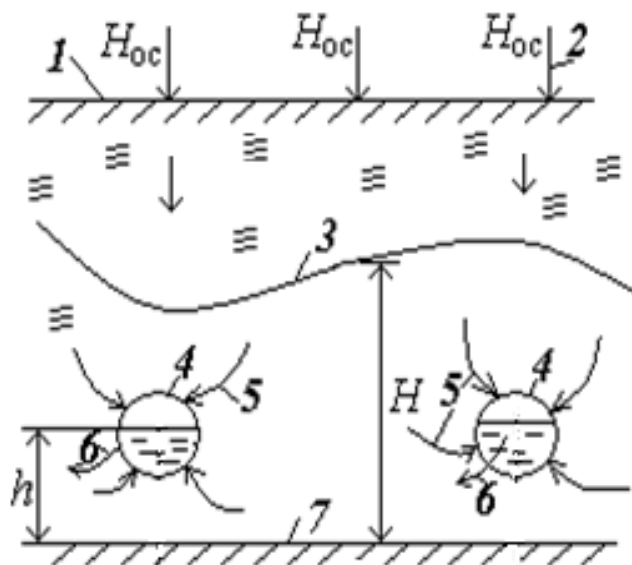


Рис. 2. Схема работы дренажа по отводу избыточных вод:
 1 – поверхность торфяной залежи; 2 – осадки; 3 – уровень грунтовых вод;
 4 – дрена; 5 – направление движения грунтовых вод (линии тока);
 6 – направление движения дренированных вод; 7 – водоупор;
 H – действующий напор; h – уровень воды в полостях; H_{oc} – количество осадков, мм

Колебание уровня грунтовых вод во многом зависит от свойств торфяной залежи и граничных условий:

видов растений-торфообразователей, которые определяют ботанический состав торфа;

степени разложения, влияющей на способность поглощать и удерживать воду;

скорости поступающей инфильтрационной воды;

расположения и конструкции осушителей (каналов, скважин, колодцев), которые оказывают влияние на объем и скорость водотока;

гидрологических условий.

Протекая по открытым каналам сети и полостям дрен, свободная вода влияет на снижение уровня грунтовых вод в сушимом торфяном слое (вышележащей зоне) и тем самым обеспечивает необходимый для интенсификации сушки водно-воздушный режим. Самодвижение торфяных вод ниже уровня грунтовых вод рассматривалось как стационарный поток. Особенностью залежи при закладке дрен является способность с незначительным сопротивлением пропускать воду в любых полостях.

Сезонные наблюдения показали возможность улучшения условий полевой сушки в геотехнологии добычи фрезерным способом на производственной площадке (карты № 3 и 4) (табл. 1), где использовалась схема осушения открытой сетью каналов со щелевым дренированием. Применение комбинированной схемы позволило существенно снизить уровень грунтовых вод (рис. 3). При выпадении осадков он незначительно повышался и при этом не оказывал существенного влияния на удлинение процесса сушки и всего цикла.

Таблица 1. Влияние влажности слоя и залежи на цикловой сбор торфяной крошки в бездождный период

№ карты	Влажность торфяного слоя, %	Влажность подстила, %	Цикловой сбор, т/га
1	79,1	81,5	30,7
2	75,3	83,3	27,4
3	71,8	79,6	34,0
4	72,3	79,0	37,6



Рис. 3. Колебания уровня грунтовых вод

Необходимо уделять должное внимание подготовке карт на производственной площадке, в частности профилированию поверхности торфяной залежи.

После прекращения интенсивного выпадения осадков указанное комбинированное осушение позволяло в очень короткий период снижать уровень грунтовых вод и достигать условий, не влияющих на полевую сушку [14]. При добыче мергелей и органических сапропелей, находящихся под слоем торфяной залежи, возникают такие же особенности, влияющие на влажность сырья [15].

Тракторный профилировщик создает выпуклую поверхность карты. Это позволяет уменьшать до 2 % влажность верхнего слоя торфяной залежи. Создаются условия, при которых поверхность торфяного подстила становится практически параллельна поверхности уровня грунтовых вод, а норма осушения – одинакова на протяжении всей площади карты. В конечном итоге увеличивается сбор продукции с единицы площади, в полном объеме используются технологические параметры при сушке и уборке фрезерного торфа. Анализируя данные табл. 1, можно сделать вывод, что на хорошо спрофилированных картах (№ 1 и 4) количество убранной продукции растет.

Степень осушенности [4] торфяного слоя оценивали на основе потенциала влаги, который со временем менялся под действием физико-технических и метеорологических факторов (рис. 4), как и влажность поверхности залежи.

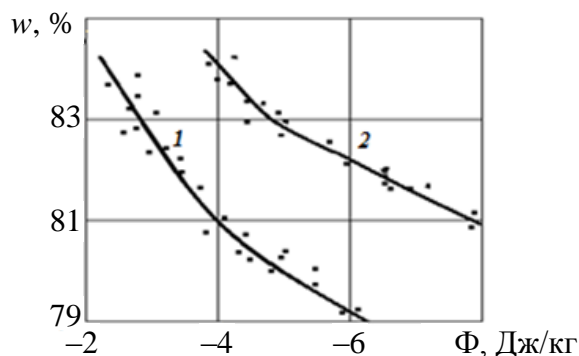


Рис. 4. Зависимость влажности w сушимого торфяного слоя от потенциала влаги Φ на картах: 1 – № 1; 2 – № 3

Непосредственное действие щелевых дрен и сети осушительных каналов понижает уровень грунтовых вод и значительно влияет на интенсивность сушимого торфяного слоя, за счет чего в нем и создается благоприятный водно-воздушный режим.

Процессы передвижения влаги в торфяной залежи позволяют оценить и обосновать мероприятия по улучшению водно-воздушного режима последней. Эти данные используются при разработке интенсивных методов осушения торфяной залежи и сохранения в ней необходимого водного режима.

На практике трудно повысить эффективную проводимость торфяной залежи, однако этого можно достигнуть заложением щелевых дрен с целью оперативного управления положением уровня грунтовых вод. Данные табл. 2 показывают, что на следующий день после дождя влажность поверхностного слоя залежи дренированием значительно снижается. По результатам исследования можно сказать, что происходит изменение влажности образцов торфа на картах с заложенными дренами. Она на 4 % меньше влажности образцов на картах только с открытой осушительной сетью (без применения дренажа), поэтому процесс полевой сушки интенсифицируется. После фрезерования залежи на картах, обустроенных щелевым дренажом, полевая сушка слоя торфяной крошки начинается с меньшей влажности, при этом сокращается время на сушку до уборочной влажности, а в конечном итоге сокращается технологический цикл.

Таблица 2. Влажность верхнего слоя торфяной залежи, сложенной магелланикум-торфом

№ карты	Влажность, %	
	Открытые каналы	Открытые каналы с дренажем
1	84,1	–
2	84,2	–
3	–	81,8
4	–	79,3

Уменьшение объемов потоков влаги в исследованиях достигнуто путем увеличения поверхностного стока и интенсификации испарения влаги с поверхности торфяной залежи. Экспериментально установлено, что на влагопроводность торфа в аэрируемой зоне не оказывают положительного действия любые достаточно крупные пустоты (дрены), так как они обычно заполнены воздухом и не способствуют перемещению влаги. Поэтому применение как вертикального, так и горизонтального

дренажа в зоне выше уровня грунтовых вод не поможет улучшить водно-воздушный режим при полевой сушке.

При добыче торфа самым распространенным способом измельчения залежи – фрезерованием – необходимо использовать функциональные возможности управления технологическими процессами. Применение щелевых дрен позволяет регулировать оптимальный водно-воздушный режим торфяной залежи, что способствует значительно быстрому снижению начальной влажности как поверхности залежи, так и сушимого слоя, а при варьировании глубины фрезерования для процесса полевой сушки можно больше высушить и добыть. На опытной производственной площадке карт № 3 и 4 снижение плотности потока торфяных вод достигалось интенсификацией поверхностного стока с поверхности и интенсификацией испарения вод, протекающих через торфяную залежь до уровня грунтовых вод и затем к каналам.

Таким образом, для повышения уровня осушенности производственных площадок на торфяном месторождении при добыче фрезерного торфа необходимо:

разрушать рыхлую структуру, способную удерживать и поглощать большое количество воды;

производить механическую переработку с уплотнением поверхности карт для формирования поверхности торфяной залежи с плохой влагопроводностью;

применять как способ обезвоживания торфа либо кратковременное переосушение залежи, либо промораживание;

осуществлять ремонт поверхности карт с хорошим профилированием по всей площади, благодаря чему образуется ровная выпуклая поверхность с уклоном в сторону картовых каналов;

переворачивать сушимый торфяной слой (хотя бы одно ворошение) для увеличения испарения с поверхности торфяной залежи, так как сухая поверхность сушимого слоя может выступать влагоизолятором и тем самым задерживать или ослаблять действие солнечной и рассеянной радиаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Уровень грунтовых вод зависит от физико-технических свойств торфяной залежи и граничных условий (гидрогеологических); скорости поступающей инфильтрационной влаги; конструкции и расположения каналов и дрен. Для снижения уровня на производственных площадках необходимо применять сеть осушительных каналов и дрен, что обеспечит на поверхности торфяного подстила необходимый водно-воздушный режим и благоприятные условия полевой сушки.

2. В геотехнологии добычи торфа фрезерным способом существенное снижение (более 1 метра) уровня грунтовых вод (когда в картовых каналах отсутствует вода) значительно уменьшает зависимость от осадков всех технологических операций. При осушении изменение уровня грунтовых вод и скорость их понижения влияют на интенсивность физико-технических процессов торфяной залежи.

3. Торфяная залежь, находящаяся ниже уровня грунтовых вод, имеет особенность – способность с незначительным сопротивлением в любой полости пропускать воду. В целях увеличения эффективной проводимости торфяной залежи и интенсификации процессов полевой сушки и добычи необходимо применять щелевой дренаж.

Таким образом, корректировка технологических параметров (возможности использования оборудования с меньшей проходимостью по мере упрочнения несущей способности поверхности производственных площадок, глубины фрезерования, расстояния между щелевыми дренами, их глубины заложения) и проектирование

адаптивной технологической схемы возможны при учете динамики изменения свойств торфяной залежи в ходе осушения. При этом существуют возможности фиксирования метеорологических параметров, технической вооруженности, а также определения затрат на обустройство осушительной сети. Выбор технологической схемы осушения на стадии проектирования позволит определить период освоения, объемы и стоимость земляных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Singh K. Allocation and sustainable management of peat resources on public land // *AEP Public Land Management*. 2016. № 9. P. 1–14.
2. Яблонев А.Л., Пухова О.В. Современные направления использования торфа // *Вестник Тверского государственного технического университета*. 2010. № 17. С. 104–107.
3. Панов В.В., Мисников О.С. Тенденции развития торфяной отрасли России // *Горный журнал*. 2015. № 7. С. 108–112.
4. Панов В.В., Мисников О.С., Купорова А.В. Проблемы и перспективы развития торфяного производства в Российской Федерации // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2017. № 5. С. 105–117.
5. Мисников О.С., Тимофеев А.Е., Михайлов А.А. Анализ технологий разработки торфяных месторождений в странах дальнего и ближнего зарубежья // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2011. № 9. С. 84–92.
6. Мисников О.С., Тимофеев А.Е. О рациональном использовании энергетических и минеральных ресурсов торфяных месторождений // *Горный журнал*. 2008. № 11. С. 59–63.
7. Афанасьев А.Е., Чураев Н.В. Оптимизация процессов сушки и структурообразования в технологии торфяного производства. М.: Недра. 1992. 288 с.
8. Чураев Н.В. Механизм переноса влаги в капиллярно-пористых телах // *Доклады Академии наук*. 1963. Т. 148. № 6. С. 1361–1364.
9. Купорова А.В., Пухова О.В., Ермияш Д.М. Направления осушения месторождений в геотехнологиях торфа и сапропеля // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2011. № 11. С. 36–40.
10. Яблонев А.Л., Гусева А.М. Экспериментальное обоснование рациональных режимов производства кускового торфа // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2019. № 2. С. 163–171.
11. Мисников О.С., Пухова О.В., Черткова Е.Ю. Физико-химические основы торфяного производства: учебное пособие. Тверь: ТвГТУ. 2015. 160 с.
12. Kremcheev E.A., Kremcheeva D.A. Technological approaches to reducing the loss of peat raw materials in fields with hydrological regime // *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. V. 9. № 12. P. 89525.
13. Кремчеев Э.А. Обоснование технологических приемов снижения влажности торфяного сырья при экскаваторной добыче // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2014. № 9. С. 31–35.
14. Воларович М.П., Чураев Н.В., Гамаюнов Н.И., Афанасьев А.Е. Исследование механизма сушки капиллярно-пористых тел различной структуры индикаторным методом // *Тепло- и массоперенос*. В 11 т. Киев: Наукова думка. 1968. Т. 6. Ч. 1. С. 30–43.
15. Мисников О.С. Физические процессы структурообразования при сушке погребенных сапропелей. Дисс... канд. техн. наук. Тверь. 1997. 20 с.

Для цитирования: Пухова О.В. Оценка влияния технологических параметров на полевую сушку торфяного слоя при его добыче // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2023. № 3 (19). С. 53–61.

ASSESSMENT IMPACT OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS FOR FIELD DRYING OF THE PEAT LAYER DURING ITS EXTRACTION

O.V. PUKHOVA, Cand. Sc.

Tver State Technical University
22, Af. Nikitin emb., Tver, 170026, Russian Federation, e-mail: owpuhova@mail.ru

The questions of the influence of technological parameters (water level, weather), which depend on the rate of drying of products, in the development of the peat field “Svyatinskoye”, and, more precisely, in the field drying of peat crumb obtained by milling the deposit, are considered. For the experimental maps of the production site the indicators of seasonal studies are given. For this purpose, the moisture content of the dried layer, indicators of groundwater level fluctuations and the volume of moisture, which was absorbed from the underlying deposit and rainfall, moistening the dried peat layer, were determined. On four maps with an open drainage network, weather conditions as well as groundwater level fluctuations in the map channels were monitored during the season. The complexity of laying of slot drainage and its influence on the water-air regime of the uppermost deposit during the ground water level variation during the season were analyzed. It is shown that slot drainage together with open channels has favorable effect on production site drainage. It has been established that ground waters under the action of gravitational forces, i.e. at the difference of pressures in the peat deposit and drains, seep into the cavity and then under the slope are discharged into the collecting network of open channels and are removed outside the drained production site. It is recommended to use the results of seasonal studies and analysis of moisture movement processes to develop and substantiate measures for improving the water-air regime of the peat deposit with the development of an intensive method of drainage as well as for maintaining the necessary conditions.

Keywords: peat, peat deposit, peat layer, open drainage network, drainage, meteorological indicators, hydrological regime, groundwater level, drying processes.

Поступила в редакцию/received: 25.04.2023; после рецензирования/revised: 15.05.2023;
принята/accepted: 18.05.2023