ISSN 2224-1523

Научный журнал
Восточно-Европейского института торфяного дела
Тверского государственного технического университета

ИНСТОРФ

№24 (77) 2021

ТРУДЫ ИНСТОРФА

Министерство образования и науки РФ

Восточно-Европейский институт торфяного дела
Тверского государственного технического университета

ТРУДЫ ИНСТОРФА

Научный журнал

Издается с апреля 1922 года
Выходит два раза в год

№ 24 (77)
июль–декабрь 2021 г.

Тверь
2021

УДК 622.331(05)
ББК 26.343.4я5

Труды Инсторфа: научный журнал. № 24 (77) (июль–декабрь 2021 г.). Тверь: ТвГТУ, 2021. 56 с.

Учредитель и издатель: ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет»

Главный редактор
проф., д. ф.-м. н.
Андрей Викторович Твардовский

Научный редактор
акад. НАНБ, д. т. н. И.И. Лиштван

Редакционный совет:
проф., д. э. н. Г.А. Александров;
проф., д. т. н. А.Н. Васильев;
проф., д. т. н. В.И. Горячев; проф., д. т. н. Н.В. Гревцев;
чл.-корр. РАН, д. с-х. н. Л.И. Инишева;
проф., д. т. н. Б.Ф. Зюзин (*зам. научного редактора*);
проф., д. т. н. А.В. Кондратьев;
проф., д. х. н. Ю.Ю. Косивцов;
проф., д. т. н. В.И. Косов; проф., д. б. н. О.Л. Кузнецов;
проф., д. г. н. Б.В. Курзо;
проф., д. б. н. Е.Д. Лапшина;
проф., д. т. н. Б.И. Масленников;
проф., д. т. н. А.В. Михайлов;
проф., д. т. н. В.А. Миронов;
проф., д. т. н. Б.В. Палюх; проф., д. т. н. В.Г. Селеннов;
проф., д. т. н. В.Ф. Синицин; д. б. н. А.А. Сирин;
проф., д. х. н. Э.М. Сульман; д. б. н. Т.К. Юрковская;
доц., д. т. н. А.Л. Яблонев

Редакционная коллегия:
проф., д. т. н. С.Н. Гамаюнов;
проф., д. т. н. Ю.Н. Женихов;
доц., д. т. н. О.С. Мисников;
доц., д. г. н. В.В. Панов (*зам. главного редактора*);
доц., д. т. н. К.В. Фомин

Секретарь редакционной коллегии
к. т. н. А.Е. Тимофеев

Технический редактор к. т. н. В.В. Кузовлев

Свидетельство о регистрации
Эл № ФС 77-41964 выдано 9.09.2010 г.
Роскомнадзор

Редактор О.В. Чеховская

Корректор Т.С. Самборская

Технический редактор А.Ю. Соколова

E-mail: instorf@gmail.com
Тел. редакции: 8(422) 78-93-91

Подписано в печать 22.12.21 г.
Формат 60×84 1/8. Усл. печ. л. .
ООО «Издательство «Триада»
170034, г. Тверь, пр. Чайковского, д. 9, оф. 514

ISSN 2224-1523

© Тверской государственный технический университет, 2021

Содержание

Инишева Л.И., Достовалова М.С., Порохина Е.В., Шурова М.А.

Условия образования и характеристика болот республики Алтай 3

Ахметьева Н.П., Михайлова А.В., Кричевец Г.Н.

Гидрохимический режим болотных рек Мещерской низменности 13

Панов В.В., Женихов Ю.Н.

Структура и учет пожароопасных торфяников Тверской области 24

Гусева А.М., Яблонев А.Л.

Оборудование и методика определения качества кускового торфа 32

Петров А.А., Зюзин Б.Ф.

Исследование процесса передвижения опор шагающей болотоходной машины на повороте и определение оптимальных моментов включения и выключения привода их поворота для автоматического управления 37

Копенкина Л.В.

Выдающийся ученый С.С. Корчунов (к 100-летию со дня рождения) 53

УДК 581.526 (571.1)

Инишева Л.И.

Инишева Лидия Ивановна, д. с.-х. н., профессор, чл.-корр. РАН, Томский государственный педагогический университет. 634061, Томск, ул. Киевская, 60, inisheva@mail.ru

Достовалова М.С.

Достовалова Марина Сергеевна, специалист II категории, Горно-Алтайское отделение филиала «Сибирский региональный центр ГМСН» ФГБУ «Гидроспецгеология». 634061, Томск, ул. Никитина, д. 99, оф. 603, aya.toyma@yandex.ru

Порохина Е.В.

Порохина Екатерина Владимировна, к. б. н., доцент кафедры биологии растений и биохимии, Томский государственный педагогический университет. 634061, Томск, ул. Киевская, 60.

Шурова М.А.

Шурова Майя Владимировна, к. г-м. н., с. н. с. кафедры неорганической и аналитической химии, Горно-Алтайский государственный университет. 649000, Республика Алтай, г. Горно-Алтайск, ул. Ленкина, д. 1.

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА БОЛОТ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

Аннотация. Проведено обследование территории Республики Алтай с целью выявления факторов и степени ее заболоченности. Показано, что болота в горных ландшафтах могут занимать значительные площади и накапливать мощную торфяную залежь даже в аридных районах Горного Алтая. Условия торфообразования в его северной части способствуют образованию болот мезотрофного и эвтрофного типа мощностью 1–6 м. Установлено, что наличие островной мерзлоты в Центральном и постоянной мерзлоты в Юго-Восточном Алтае способствует формированию торфяных залежей высокой зольности. Мощность торфяных залежей здесь изменяется в пределах 0,3–4,5 м. Приведен возраст болот.

Ключевые слова: Республика Алтай, болото, заболачивание, торф.

Inisheva L.I.

Inisheva Lidia I., Dr. Sc., corr. RAS, Tomsk State Pedagogical University. 634061, Tomsk, st. Kievskaya, 60, inisheva@mail.ru

Dostovalova M.S.

Dostovalova Marina S., Specialist of the 2nd category, Gorno-Altai Branch of the Siberian Regional Center of the State Medical Service of the Federal State Budgetary Institution «Gidrospetsgeologiya». 634061, Tomsk, st. Nikitina, 99, office 603.

Porokhina E.V.

Porokhina Ekaterina V., Ph.D, Associate Professor of the Department of Plant Biology and Biochemistry, Tomsk State Pedagogical University. 634061, Tomsk, st. Kievskaya, 60.

Shurova M.A.

Shurova Maya V., Ph.D. Senior Researcher of the Department of Inorganic and Analytical Chemistry, Gorno-Altai State University. 649000, Altai Republic, Gorno-Altaysk, st. Lenkina, 1.

CONDITIONS OF FORMATION AND CHARACTERISTICS OF THE ALTAI REPUBLIC MIRES

Annotation. A survey of the territory of the Altai Republic was carried out in order to identify factors and the degree of paludification in its various territories. It is shown that mires in mountain landscapes can occupy significant areas and accumulate a powerful peat deposit even in the most arid regions of Gorny Altai. The conditions of peat formation in its northern part contribute to the formation of mires with 1–6 m peat deposit of the mesotrophic and eutrophic types. It has been determined that the presence of island permafrost in the Central and eternal frost in the South-Eastern Altai contribute to the formation of peat deposits of high ash content. The thickness of the peat deposits here varies in the range of 0.3–4.5 m. The age of the is given.

Key words: Altai Republic, mire, paludification, peat.

Введение

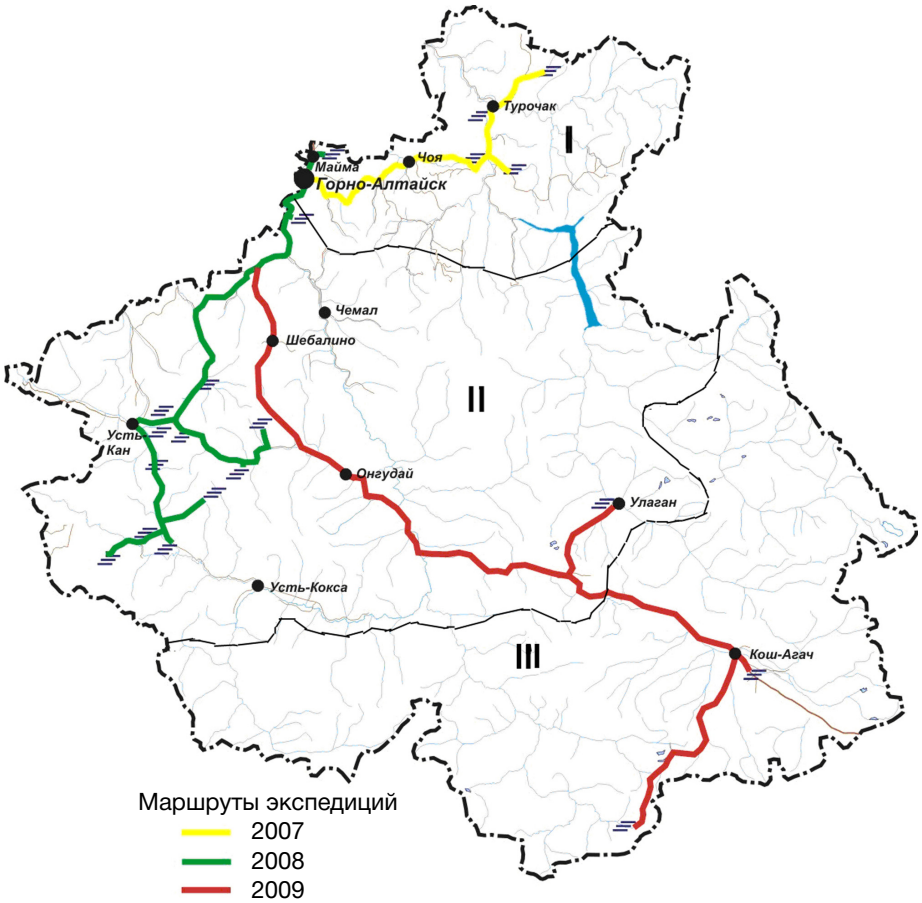
На основании систематизации имеющихся сведений по литературным источникам, материалам геологической съемки, топографическим картам территории Республики Алтай (**РА**) ФГУП СНИИГГиМСом в 2001 г. было высказано предположение, что территория РА неоднородна по степени заболоченности и торфонакоплению [1]. При этом было определено, что наиболее заболочена северная и восточная части территории. Безусловно, это была предварительная оценка наличия болот на территории РА. Специальных исследований по изучению процессов болотообразования на территории не проводилось, но в отдельных работах [2–6] приводятся характеристики некоторых болот, строятся прогнозы дальнейшего заболачивания территории.

Цель работы – обследование территории РА, выявление факторов и степени ее заболоченности, определение активности торфообразовательного процесса в разных ее частях.

Объекты и методы исследования

Был проведен анализ картографического материала, дополненный информацией с космоснимков, обобщены результаты работ, отраженные в фондовых отчетах и публикациях. В дальнейшем в течение 2007–2009 гг. были проведены экспедиции по обследованию болот и заболоченных участков Турочакского, Шебалинского, Усть-Канского, Усть-Коксинского, Онгудайского и Кош-Агачского районов РА (северо-восточный, Центральный и юго-восточный Горный Алтай) (рис. 1).

При обследовании месторождения описывали растительный покров, составляли план болот и определяли их площади, а также проводили зондирование торфяной залежи (**ТЗ**) для определения ее мощности и отбора проб торфа на технический и химический анализ. Ботанический состав, степень разложения и зольность были определены по [7, 8]. Датирование ТЗ выполнено на радиоуглеродной установке QUANTULUS-1220 (бензольно-сцинтил-



граница ландшафтно-климатических зон: I – Северный Алтай, II – Центральный Алтай, III – Юго-восточный Алтай

Рис. 1. Маршруты экспедиций по обследованию болот и заболоченностей Республики Алтай

Fig. 1. Routes of expeditions to survey swamps and wetlands of the Altai Republic

ляционный вариант) в лаборатории геологии и палеоклиматологии кайнозоя Института геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск).

На территории Республики Алтай история развития современных болот насчитывает не более 8–10 тысяч лет. Основные факторы, определяющие формирование и развитие болот, составляют следующий ряд по значимости:

- гидрогеологический режим водоносных горизонтов, залегающих близко к поверхности (изменение уровня грунтовых вод как сезонного характера, так и в многолетнем временном ряду);
- гидрологический режим поверхностных вод (сочетание меженного и половодного циклов с затоплением пойм);
- климатические условия (климатическая зональность), в том числе степень избыточного увлажнения, годовая и месячная температура;
- орографические особенности местности, определяющие закономерности размещения болот, а также мезо- и микрорельеф;
- литологические особенности рыхлых пород;
- голоценовые и современные тектонические движения.

Причинными факторами процессов болотообразования и торфонакопления являются гидрогеологические и гидрологические особенности режима питания в совокупности с климатической зональностью территории. Начало голоценового времени на территории РА определяется концом позднедриасового похолодания. Этот период отражается резкой сменой литолого-фациального, вещественного и палеонтологического составов отложений в слоях, расположенных выше слоев, датированных радиоуглеродным методом в 10 900–10 300 лет назад (л. н.), соответствуя общепринятому рубежу – 10,2–10,0 тыс. л. н. С ним связан и термический максимум голоцена. Конец климатического оптимума голоцена на Алтае совпадает со средней частью стадии суббореала по схеме Блитта–Сернандера и датируется примерно 4,5–4 тыс. лет.

Ранний голоцен на Алтае характеризуется теплым и относительно сухим климатом. Зона максимального увлажнения в это время смещалась в высокогорья, среднегорья и низкогорья иссушались. Значительно уменьшилась водность рек, практически не стало ледников. Резко сокращалась площадь вечномерзлых пород. В климатический оптимум голоцена деградация нижнего уровня вечной мерзлоты местами достигала 2500 м при современном ее уровне 2000–2100 м. Средние летние температуры в термический максимум были на 4–6 °С выше современных. В раннем голоцене в низкогорье развивались сухие степи с колками березы и сосны, в среднегорье – березово-сосновые и лиственничные леса, сухие степи и луга, в высокогорье – хвойная тайга. Подъем границы леса был зафиксирован на 300–400 м выше современной линии.

Для позднего голоцена характерны неоднократные похолодания и увлажнения климата, разделенные значительными потеплениями, при этом длительность влажных и холодных экстремумов очень невелика – 300–500 лет. Поздний голоцен условно делится на 3 стадии похолодания – потепления [9]. В позднем голоцене граница леса опускалась периодически ниже современной линии на 100–300 м. В высотных поясах располагаются соответственно орографии березово-хвойные лесостепи (низкогорье), заболоченная тайга (среднегорье), горная тундра и тундра-степь (высокогорье). О накоплении торфа в голоцене в пределах высокогорных впадин свидетельствуют, например, линзы торфа возрастом 2,7 тыс. лет, зафиксированные в верхней части аллювиального комплекса в низовьях р. Богояш в высокогорной Джулукульской впадине [9]. Также в уступе пролювиального конуса выноса р. Курайка в Курайской межгорной впадине вскрыт нижний галечно-русловой и пойменно-суглинистый аллювиальный комплекс с линзами торфа, датированного 4590 ± 30 14С лет **BP** (before present) (СОАН-2374). В котловине озера Джангызколь в урочище Ештыкколь по периферии Северо-Чуйского хребта и Курайской впадины (абсолютные отметки 1750 м) озерные отложения представлены, в том числе, торфяниками, которые датируются возрастом в пределах от (3730 ± 35) до (1880 ± 60) 14С лет BP. О развитии торфяников в районах древнего оледенения упоминает также И.В. Девяткин [10]. Так, в районе оз. Джулукуль в обнажении отмечается смена ленточных глин, синхронных последнему оледенению, торфяниками. Палинологические исследования этого разреза показали постепенную смену растительности конца ледникового времени растительными ассоциациями голоцена. Так, в нижней части геологического

разреза наблюдается резкое преобладание (81%) не древесных пород. Вверх по разрезу количество пыльцы древесных пород постепенно растет, увеличивается их разнообразие. При этом важно отметить сокращение пыльцы кустарниковой березы и увеличение роли сосны и кедра. Подобный состав растительности характерен для голоценовых торфяников и из других мест Алтая (реки Кара-Кудюр, Кара-Озек, Юткун-Куль).

По типам структуры вертикальной поясности, связанной с высотными уровнями и общими биоклиматическими особенностями, территория РА подразделяется на три региона: Северный, Центральный и Юго-Восточный Алтай [5, 11]. Выделяется три высотных пояса – низкогорный (250–600 м), среднегорный (600–1800 м) и высокогорный (более 1800 м).

В низкогорных районах РА и долинах крупных рек количество атмосферных осадков изменяется от 400 до 1000 мм в год, средняя высота снежного покрова 11–58 см, максимальная – до 96 см. Для среднегорья, расположенного на высотах 600–1800 м, влияние рельефа на климат более значительно. Сумма осадков – 316–700 мм в год, средняя высота снежного покрова – 21–37 см, при максимальной его высоте – 60–90 см. Наиболее высокогорная часть республики увлажнена недостаточно и умеренно (осадки 116–556 мм в год). Зимой осадки практически отсутствуют, высота снежного покрова не более 10–30 см. Изотерма нулевой температуры охватывает низкогорную часть Центрального Алтая. Среднегорные и высокогорные зоны РА соответствуют поясу среднегодовых температур менее –3 °С, что обуславливает сохранение вечномерзлых пород в высокогорных котловинах. Поэтому развитие болот в среднегорной и высокогорной зонах РА зачастую связано с наличием вечной мерзлоты. Значительная часть территории РА (рис. 2) характеризуется наличием многолетнемерзлых пород сплошного (50–100%), прерывистого (10–50%) или островного (до 10%) характера. В пространственном отношении вечномерзлые грунты имеют сплошное распространение в высокогорных районах республики, соответствующих Усть-Коксинскому, Кош-Агачскому и Улаганскому административным районам. В орографическом отношении это наиболее высокие горные хребты, межгорные впадины и высокогорные плато Горного Алтая: хребты Катунский, Южно-Чуйский, Северо-Чуйский, Сайлюгем, Чихачева, Курайский, Шапшальский, плато Укок, Бертекская и Джулукульская межгорные впадины.

С точки зрения болотообразования наибольший интерес среди многообразия форм горного рельефа представляют межгорные котловины и расширенные участки долин [12]. Большинством исследователей выделяется 6–8 крупных межгорных впадин (рис. 2). Наибольшее развитие межгорные впадины получили в высокогорной и среднегорной орографических зонах (например, Канская, Абайская). Реже данный тип рельефа можно встретить в низкогорном поясе (Ынергинская и др.).

На территории РА выделяются две группы пород – нескальные и скальные породы [13]. Породы скальной группы имеют доминирующее распространение на территории республики. Глубина выветривания скальных пород варьирует в пределах от 1–2 м до нескольких десятков метров. Водоносные слои в зонах трещиноватости являются одним из факторов образования болот и интенсивности процессов заболачивания. Геолого-генетические комплексы в составе нескальной группы пород представлены разнообразными осадками. В низкогорной части РА преобладают отложения аллювиального, субаэрально-аквального и склонового комплекса осадков, в среднегорной части территории – склоновые осадки, а в высокогорье, наряду с аллювиальными и склоновыми отложениями, имеют распространение осадки ледникового комплекса, включая осадки озерно-ледниковых бассейнов. Таким образом, разнообразие болот в РА и их свойства обусловлены, прежде всего, разнообразием геокрилогических, орографических условий и климатом территории.

В настоящее время процесс болотообразования происходит путем зарастания стариц и долинных озер, а также заболачивания суши, лесов и лугов. Подстилающие отложения могут быть как современные, так и более древние по возрасту. Литологический состав – преимущественно суглинистый.

Предположения о дальнейших исследованиях болот на территории РА [1] состоят в том, что процесс болотообразования может активно проявляться на площади Северо-Алтайского поднятия с продолжением в низкогорной холмистой местности (высоты до 1000 м).

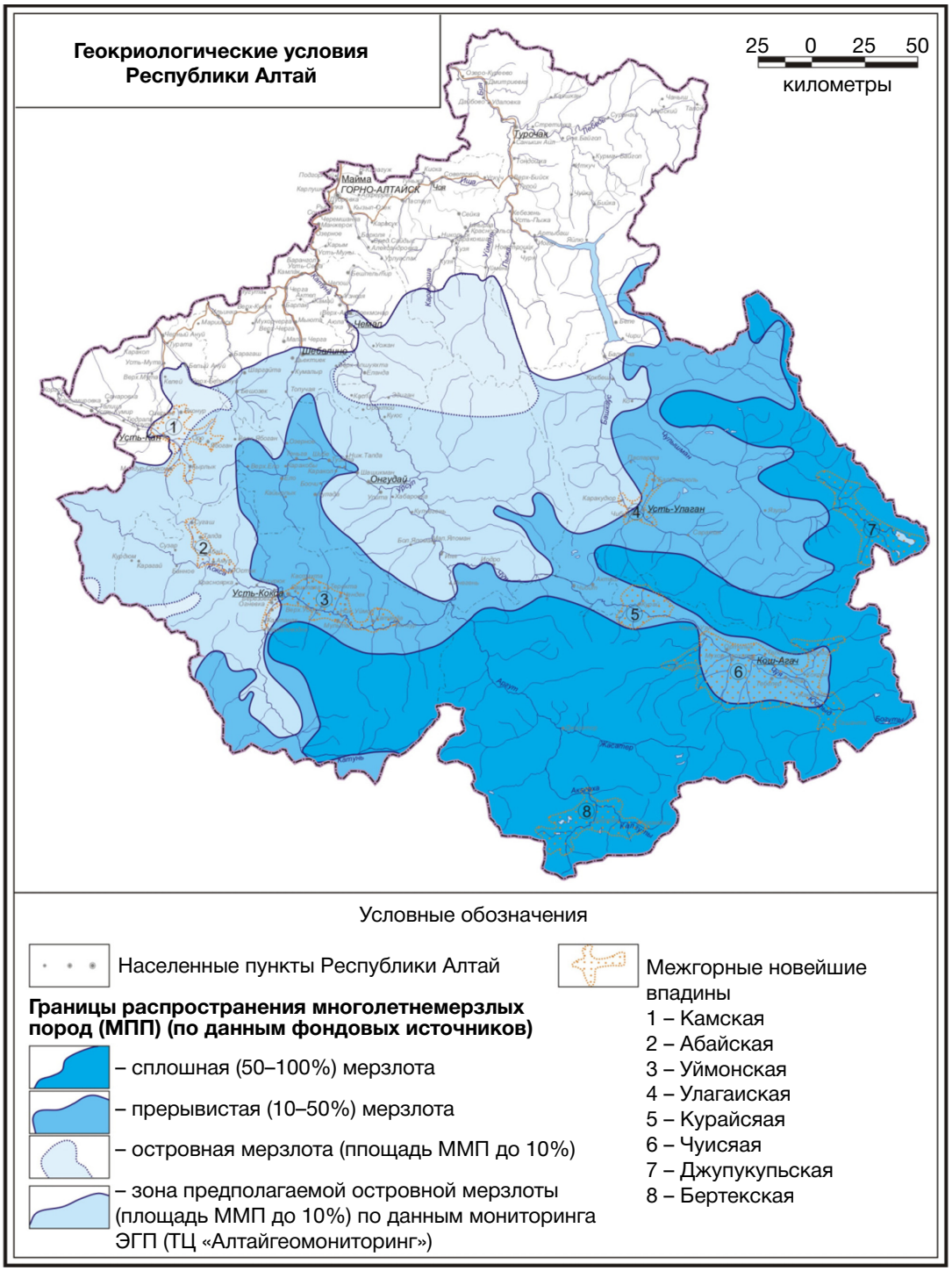


Рис. 2. Зональность территории Республики Алтай по геокриологическим условиям с обозначением межгорных впадин

Fig. 2. Zoning of the territory of the Altai Republic according to geocryological conditions with the designation of intermountain depressions

Территория развития болотных образований может быть связана также с северной частью Тигерецко-Теректинского поднятия, на которой болотные образования локализуются в среднегорной местности (высоты до 2000 м), в бассейне р. Коксы и междуречье Чарыша и Семы. Кроме того, болотные образования могут быть приурочены к межгорным впадинам Центрально-Алтайского поднятия, характеризующимся преимущественно аккумулятивно-озерным, террасовым и долинным рельефом (рис. 3).

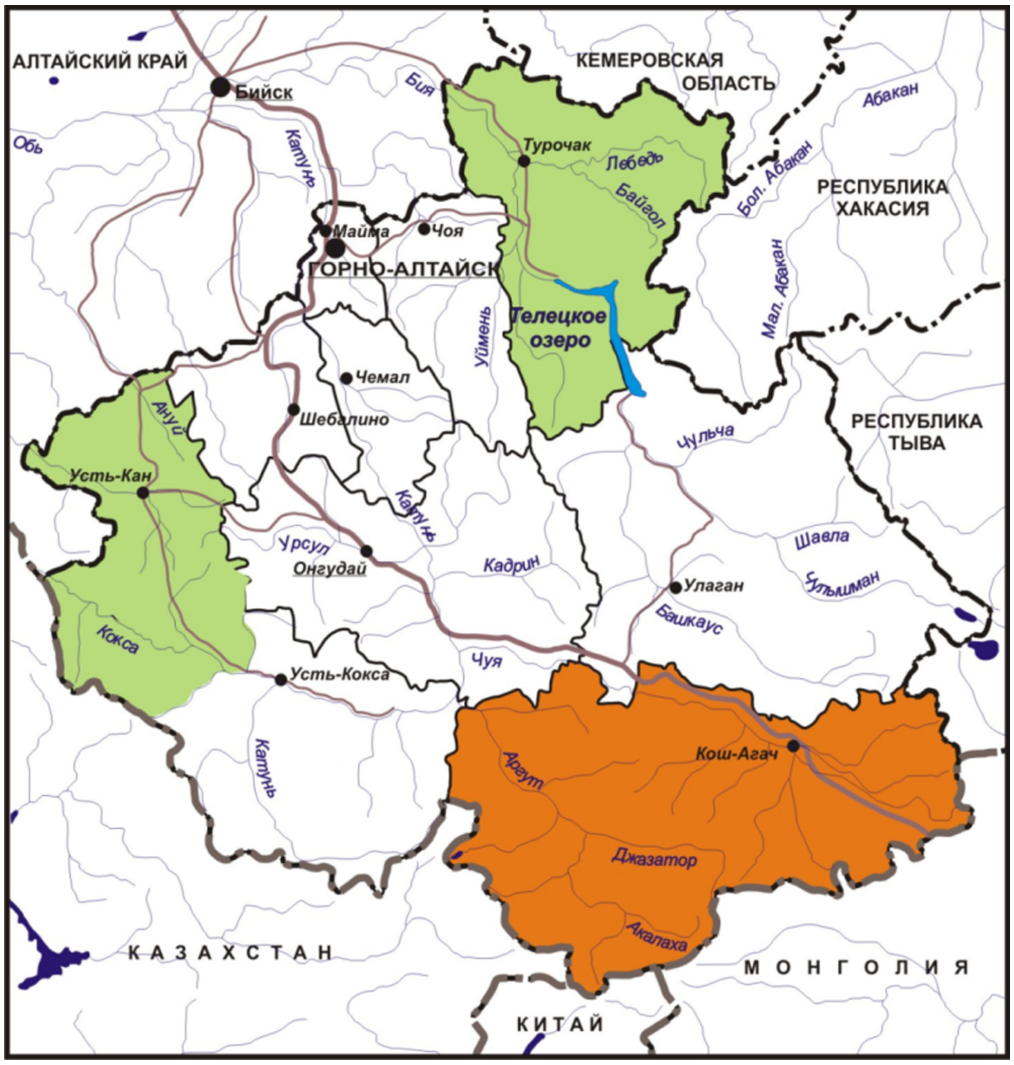


Рис. 3. Территории предполагаемого болотообразования в Республике Алтай [1]

Fig. 3. Territories of the proposed swamp formation in the Altai Republic [1]

Результаты и обсуждение

В Северо-Восточной части Алтая было обследовано 6 болот и 4 заболоченности в Турочакском и Чойском районах. Условия образования болот на этой территории и их характеристики были приведены нами ранее [14]. Здесь же остановимся на характеристике переходного (Ынырга) и низинного (Чойское) болот, как репрезентативных представителей этой территории.

Растительный покров на болоте Ынырга представлен эвтрофной и мезотрофной растительностью, включающей древесно-осоковые и осоково-сфагновые фитоценозы. Древесно-осоковый фитоценоз занимает значительную площадь болота. Здесь развиты насаждения березы невысокой 8 м, диаметром 10 см, полнотой 0,3, бонитетом III а класса. Подлесок образован ивой козьей (*Salix caprea* L.), средняя высота 2 м. В кустарничковом ярусе единично встречается клюква (*Oxycoccus sp.*). Травяной ярус состоит в основном разными видами осок: пузырчатой, острой, заячьей (*Carex vesicaria* L., *C. acuta* L., *C. leporina* L.), реже отмечены тростник (*Phragmítes sp.*), хвощ болотный (*Equisetum palustre* L.), камыш (*Scirpus sp.*) В моховом покрове сфагновые мхи заметно угнетены.

В осоково-сфагновом низинном фитоценозе отмечены осока волосистоплодная (*Carex lasiocarpa* Ehrh.), о. двутычинковая (*Carex diandra Schrank*), о. топяная (*C. limosa* L.). Моховой ярус сформирован сфагновыми мхами. Анализ глубин ТЗ позволяет выявить два основных очага заболачивания. Один из них располагается вдоль юго-восточного суходола у подножия горного склона. Увлажнение поверхности здесь происходило в основном за счет слабоминерализованных поверхностно-сточных

вод, атмосферных осадков и вод снеготаяния. В результате торф этой части болота имеет невысокую зольность в пределах 6–15%. Исключение составляют придонные слои, зольность которых имеет значения 16–38%. На слабую минерализацию питающих вод указывает и повсеместное наличие в нижних слоях залежи остатков сфагновых мхов и шейхцерии болотной (*Scheuchzeria palustris* L).

Болото Ынырга сложено низинным и переходным типами ТЗ и характеризуется возрастом 2215 ± 140 14С лет ВР (СОАН-8037). Наибольший процент приходится на низинную древесно-осоковую (46,4%), низинную топяно-лесную – 35,8%, переходную древесно-осоковую и низинную лесную по 7,1%, низинную древесно-травяную – 3,6%. Характерное повсеместное распространение лесных и лесотопяных видов торфа в основании ТЗ свидетельствуют о первоначальном заболачивании лесов. На значительной площади болота лесные и лесо-топяные виды торфа перекрыты топяными видами. Можно констатировать, что болото вступает в мезотрофную стадию развития. Большая часть ТЗ сложена торфом средней и высокой степени разложения и зольностью до 23% Торф с высокой степенью разложения и зольностью от 36 до 50% отмечен в придонном слое ТЗ.

Растительность болота Чойское представлена ивой козьей (*Salix caprea* L.), преобладает лабазник вязолистный (*Filipendula ulmaria* L.), встречается герань ложносибирская (*Geranium pseudosibiricum* J. Mayer), мышиный горошек (*Vicia cracca* L.); редко чихотник недотрога (*Ptarmica impatiens* (L.) DC.), живокость высокая (*Delphinium elatum* L.), обильны злаки: луговик дернистый, или щучка дернистая (*Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv.), полевица тонкая (*Agrostis tenuis* Sibth.), полевица гигантская (*A. gigantea* Roth). Местами встречается бодяк разнолистный (*Cirsium heterophyllum* (L.) Hill), орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn), щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott), хвощ болотный (*Equisetum palustre* L.), иван-чай узколистный (*Chamaenérion angustifolium* (L.) Holub), борщевик рассеченный (*Heracleum dissectum* L.); преобладают осоки: осока пузырчатая (*Carex vesicaria* L.), о. острая (*C. acuta* L.), о. заячья (*C. leporina* L.).

По данным нашего обследования площадь болота достигает 460 га, а запасы торфа по предварительным подсчетам составляют 3006 тыс. т. Датировки возраста этого болота нет, но аналогичное болото Турочакское (52°13′ СШ, 87°06′ ВД) имеет возраст 7060 ± 9014С лет ВР (СОАН 8034). Проведенное зондирование ТЗ позволило выявить три основных очага заболачивания. Один из них располагается на правом берегу реки Бирюля. Микрорельеф этой территории неровный, кочки высотой до 80 см, моховой покров отсутствует. Растительность представлена эвтрофными видами: ива пятитычинковая (*Salix pentandra* L.), береза кустарниковая (*Betula fruticosa* Pall.), береза низкая (*B. Humilis* Schrank), осоки: осока вздутая (*Carex rostrata* Stokes), о. мешочковая (*Carex utriculata* Boott), вейник тупоколосковый (*Calamagrostis obtusata* Trin.), лабазник вязолистный (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), герань луговая (*Geranium pratense* L.), дудник лесной (*Angelica sylvestris* L.) подмаренник болотный (*Galium palustre* L.). Редко встречаются: горошек мышиный (*Vicia cracca* L.), незабудка болотная (*Myosotis palustris* L.), н. дубравная (*M. nemorosa* Bess), ежевика сизая (*Rubus caesius* L.). По окраинам болота растет валериана лекарственная (*Valeriana dubia* Bunge (*V. officinalis*). Торфяная залежь низинного типа характеризуется средней степенью разложения – 38% (29–45%), средней зольностью – 29% (18–50%). Мощность ТЗ достигает 2,6 м.

Два другие очага торфообразования и торфонакопления располагаются в долине реки Чойка ниже устья реки Бирюля и в настоящее время находятся в мезотрофной стадии развития. Оба этих участка имеют похожую растительность. Древесный ярус характеризуется наличием угнетенных форм сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) высотой 5–7 м, диаметр стволов 8–12 см., сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) высотой 10–12 м, диаметр стволов 10–14 см, березы белой (*Betula alba* L.) высотой 2–3 м, диаметр стволов 4–8 см. Кустарниковый ярус отсутствует, в кустарничковом ярусе доминирует клюква болотная (*Oxycoccus palustris* Pers.), а в травяном покрове преобладает шейхцерия болотная (*Scheuchzeria palustris* L.), вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliate* L.), осока пузырчатая (*Carex vesicaria* L.), встречается росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia* L.). Имеется сплошной моховой покров, состоящий из сфагновых мхов, зеленые мхи встречаются только у приствольных повышений. Мощность ТЗ 0,2–1,5 м.

Обследованные 4 заболоченности на этой территории характеризуются маломощной 20–30 см осоковой ТЗ чаще высокой степени

разложения и зольности. Нередки заболоченности и в горных долинах по берегам текущих по ним рек и в долинах древних рек.

Образование болот в Центральном Алтае объясняется наличием крупных межгорных впадин, занятых в ледниковый период водными бассейнами. Формы рельефа и состав рыхлых отложений, заполняющих впадины, показывает их озерно-ледниковое происхождение. После таяния основного ледникового покрова резко сократился приход воды и процесс сокращения площади озер ускорился. Особую интрапоясную растительную формацию в Горном Алтае образуют болота, распространенные повсеместно и на разных высотах, но главным образом на плоских водораздельных пространствах (например, Тюгурюкское болото на Теректинском хребте), плоских понижениях рельефа плоскогорий (Чулышманское), в днищах троговых долин. Большие по площади болота имеются в Абайской долине – Абайское болото (50°24′ СШ, 85°02′ ВД, Усть-Коксинский район), в бассейне правых притоков р. Чарыш-Канское и Ябоганского болота (50°54′ СШ и 85°08′ ВД), Усть-Канский район. Наиболее широкая часть этих болот изобилует озерами самой различной формы, которые большей частью связаны между собой и образуют ручьи, впадающие в р. Кан. Торф по ботаническому составу – низинный осоковый, средней степени разложения в верхней части и хорошо разложившийся с примесью минерального грунта в средней и нижней части профиля. Мощность торфяной залежи от 0,2 до 3,1 м. Благодаря этим болотам Усть-Канский район имеет наивысший процент заболоченности. Экспедиционные исследования позволили выявить особенности ТЗ болот, которые заключаются в повсеместной наполненности торфов кластическим материалом. По этой причине отмечена их высокая зольность по всему профилю ТЗ от 9,7 до 46,6%. Высокая зольность торфов объясняется за счет вторичных эрозионных сносов с окружающих возвышенностей. Таковыми являются, например, болото Абайское (50°24′ СШ, 85°02′ ВД) и Соузар (50°38′ СШ, 85°18′ ВД, датируемых возрастом 520 ± 45 14С лет ВР (СОАН-8034).

Более подробно рассмотрим крупнейшее болото РА – Тюгурюкское (50°38′ СШ, 85°19′ ВД), которое обязано своим существованием Теректинскому хребту, перехватывающему и осаждающему осадки, а также температурным инверсиям. Над днищем обширной горной котловины скапливается холодный воздух, определяющий не только низкую испаряемость, но и промерзание торфяной толщи, мерзлые слои которой не пропускают влагу. Площадь болотного массива 87,5 км^2, датируется возрастом 430 ± 55 лет 14С лет ВР (СОАН 8036). По окраинам Тюгурюкского болота располагаются заросли кустарников: пятилистник кустарниковый, или курильский чай (*Dasiphora fruticosa* (L.) O.Schwarz), ива (*Salix sp.*), спирея (*Spiraea sp.*) с примесью березы кустарниковой (*Betula fruticosa Pallass sp.* montana M. Schemberg). На более заболоченных местах кустарниковые заросли перемежаются ерниково *(Betula nana ssp. rotundifolia* (Spach) Malyschev)-осоково-хвощево-сфагновыми ценозами. Открытые участки покрыты кустарниково-разнотравно-осоковыми зеленомошными ценозами с примесью сфагновых мхов и хвощево-осоково-зеленомошно-сфагновыми сообществами. На части Тюгурюкского болота доминатом растительного покрова выступает реликт и эндемик Алтае-Саянской провинции – сибирка алтайская (*Sibiraea altaiensis* (Laxm.) Schneid). Это двудомный кустарник 60–150 см высоты из семейства розовые (*Rosaceae*). Подробно растительный покров приводится в работе [15].

Торфяная залежь Тюгурюкского болота осокового типа с изменением мощности 0,3–1,4 м по поперечнику характеризуется высокой степенью разложения в ее нижней части и степенью разложения торфа у поверхности 10%. Зольность изменяется в пределах 20,8–42,1%. Болото Тюгурюкское характеризуется скоростью торфонакопления в голоцене 1,06–0,83 мм/год. На других болотах скорость торфонакопления ниже: это Соузар (0,18–0,37 мм/год, Карагай (0,33–0,36 мм/год при возрасте 2020 ± 100 14С лет ВР (СОАН 8038)), болото в долине реки Онулу (50°38′ СШ, 88°03′ ВД) – 0,32–0,35 мм/год при возрасте 905 ± 45 14С лет ВР (СОАН 8039).

На территории Центрального Алтая были изучены Якбокчиевская, Ручьевская, Канская и др. заболоченности. Все они представлены оторфованным слоем почвы мощностью 20 см, зольностью 24–40%, подстилаемым сланцами.

Болота Юго-Восточного Алтая. Низким температурам и вечной мерзлоте обязаны своим существованием многочисленные заболоченности и болота плато Укок. Разнообразие

высокогорных альпийских болот на плоскогорье представлено основными группами:

1) болота со слоем торфа небольшой мощности, образующимся в результате заболачивания тундры по плоским поверхностям. Мохово-лишайниковые тундры в своем развитии связаны со значительной влажностью грунтов и бедностью почвенного покрова. Также имеют место заболоченные земли с мощностью торфяного слоя менее 0,3 м. Моховые болота с мощностью торфяной залежи 0,3–0,5 м занимают увлажненные участки – по долинам рек, склонам с солифлюкционными террасами;

2) маломощные болота по склонам при выходе грунтовых вод. Такие болота имеют хорошо выраженный травянистый ярус, состоящий или из осок (*Carex sp.*), или пушицы узколистной (*Eriophorum angustifolium* L.). В большом количестве встречается лук скорода (*Allium schoenoprasum* L.);

3) долинные наледные болота – отличаются кочковатой поверхностью, редким, бедным видами травостоем и присутствием кустарников. На долинных болотах почти всегда присутствуют: осока дернистая (*Carex cespitosa* L.), береза низкая (*Betula humilis* L.), ива розмаринолистная, или сибирская (*Salix rosmarinifolia* L.), пятилистник кустарниковый, или курильский чай (*Dasiphora fruticosa* (L.) O.Schwarz). По составу растительности и преобладанию травянистого или мохового яруса высокогорные болота можно разделить на две формации: моховые болота и осоково-пушицевые. Редко встречается еще одна группа болот – бугристые болота, что отмечается и другими исследователями [16–18]. Болота здесь формируются преимущественно в депрессионных формах рельефа, в условиях избыточного увлажнения.

На территории Юго-Восточного Алтая имеют широкое распространение осоковые заболоченности с небольшой мощностью торфа: с поверхности – 10 см очес из осоки, затем отмечается 10 см – оторфованный слой, с 25 см начинается мерзлый слой – галька с глинистым включением. Или другой пример. Так, в окрестностях озера Укок наблюдаются заросли березы круглолистной (*Betula rotundifolia* Spach), почвенный покров покрыт мхом. На небольших возвышениях (20–30 см) произрастает лишайник с включениями родиолы четырехнадрезанной (*Rhodiola quadrifida* (Pall.) Fisch. & C.A. Mey.) и редко виды семейства бобовых (*Fabaceae*), горечавка (*Gentiana sp.*). Между двумя такими возвышенностями прямо на камнях сформировались покровы хорошо развитых сфагновых мхов. Дернина сфагнового мха плотная с включением осоки, пушицы и обилием воды.

Остановимся на характеристике болота Южно-Чуйское Улаганского района (49°41′ СШ, 87°33′ ВД). Мощность низинной ТЗ достигает глубины 1,8 м, с поверхности и до глубины 0,8 м ботанический состав представлен осоковым, а ниже древесно-осоковым торфом. Степень разложения в ТЗ изменяется от 15 до 45%, а зольность – от 6,4 до 29,0%. Постилающие породы – сланцы.

Болото Сас располагается на высоте – 1948 м (50°02′ СШ, 89°01′ ВД). Это долинное болото, ТЗ имеет мощность – до 0,6 м, зольность – 36,0–46,5%, датируется возрастом – 1100 ± 65 14С лет ВР (СОАН-8040), скорость торфонакопления составляет 0,17–0,19 мм/год. На болоте отмечается слабая закочкаренность. Растительность: осока (*Carex sp.*), лапчатка (*Potentilla sp.*), одуванчик беловатый (*Taraxacum albescens* Dahlst.), сверция (*Swertia sp.*), бодяк огородный (*Cirsium oleraceum* (L.) Scop.). В центре болота находится открытая поверхность воды, а процесс торфообразования начинается по границе заболоченной территории. Подстилающие породы – сланцы. Недалеко от этого болота в окрестностях с. Кокоря находится похожее болото, но меньшей площади и с отсутствием озера. На этом болоте со слоем торфа 20–40 см, подстилаемым сланцами, расположены кочки высотой 40 см. Его особенностью является незначительное количество воды. Это болото (назовем его Кокоря) население использует для приготовления субстратов для цветов.

Заключение

Как показали исследования, болота в горных ландшафтах могут занимать значительные площади и накапливать довольно мощную торфяную залежь даже в аридных районах Горного Алтая. Условия торфообразования в его северной части способствуют образованию болот мезотрофного типа с маломощной торфяной залежью 1–2 м и глубокозалежных (до 4–6 м) эвтрофных болот, в основании которых часто встречаются органо-минеральные отложения. Исследованные низинные болота северной части РА датируются возрастом свыше 7000 лет.

Наличие островной мерзлоты в Центральном в сочетании с низкими температурами в Юго-Восточном Алтае определяют особен-

ности на этой территории болотообразовательного процесса. Специфика формирования торфяных залежей заключается в высокой зольности торфов по всему профилю вплоть до образования минеральных прослоек. Мощность торфяных залежей составляет 0,3–4,5 м с преобладанием мелкозалежных. Их формирование происходит на элювии или элювиоделювии плотных кристаллических пород.

Пространственная структура горных болот отличается мозаичностью и мелкоконтурностью, что отражено в вертикальной структуре торфяных залежей. Особенность формирования торфяной залежи горных болот заключается в ее содержании значительного приносного кластического материала, поэтому отмечается высокая зольность торфов по всему профилю.

Полученные радиоуглеродные датировки придонных образцов торфа показывают, что активное формирование первичных очагов торфообразования и торфонакопления началось в конце бореальной и начале суббореальной стадий голоцена. Процесс торфообразования активен и в настоящее время.

Библиографический список

1. Оценка территории Республики Алтай на торф. Отчет по договору 5360(3). – Новосибирск, 2001. – 92 с.
2. *Куминова А.В.* Растительный покров Алтая. – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1960. – 450 с.
3. *Волкова И.И.* О крупнейшем болоте Горного Алтая // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: материалы VI Международной научно-практической конференции (25–28 октября 2007 г., Барнаул). – Барнаул: АзБука, 2007. – С. 126–129.
4. *Волкова И.И., Волков И.В.* Ландшафтно-экологическая характеристика мерзлотного седловинного болота у г. Саганы (хребет Иолго, Центральный Алтай) // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2014. – № 1 (25). – С. 211–222. doi: 10.17223/19988591/25/15.
5. Почвы Горно-Алтайской автономной области / Под ред. Р.В. Ковалева. – Новосибирск: Наука, 1973. – 52 с.
6. *Модина Т.Д.* Климаты Республики Алтай. – Новосибирск: Издательство НГПУ, 1997. – 177 с.
7. ГОСТ 28245.2–89. Методы определения ботанического состава и степени разложения. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1989. – 7 с.
8. ГОСТ 11306–83. Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1995. – 8 с.
9. *Бутвиловский В.В.* Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: событийно-катастрофическая модель. – Томск: Изд-во ТГУ, 1993. – 253 с.
10. *Девяткин Е.В.* Кайнозойские отложения и неотектоника Юго-Восточного Алтая. – М.: Наука, 1965. – 244 с.
11. *Сляднев А.П.* Климатическое районирование юго-востока Западно-Сибирской равнины в связи с районированием Западной Сибири // Сибирский географический сборник. – М.–Л.: Наука, 1964. – № 3. – С. 28–39.
12. *Богачкин Б.М.* История тектонического развития Горного Алтая в кайнозое. – М.: Наука, 1981. – 132 с.
13. *Кац В.Е., Достовалова М.С.* Отчет по объекту «Ведение государственного мониторинга состояния недр территории Сибирского федерального округа Российской Федерации (Республика Алтай, Бурятия, Тыва, Хакасия, Алтайский и Красноярский края, Иркутская и Кемеровская, Новосибирская, Омская, Томская и Читинская области, Агинский Бурятский, Таймырский (Долгано-Ненецкий), Усть-Ордынский Бурятский и Эвенкийский автономные округа в 2005–2007 г.)». Республика Алтай. – Майма: Фонд ОАО «Алтай-Гео», 2007. – 333 с.
14. *Инишева Л.И., Шурова М.В., Ларина Г.В. и др.* Торфяные болота северо-восточной части территории Горного Алтая // Известия Бийского отделения русского географического общества. – Бийск: АГАО им. В.М. Шукшина, 2011. – Вып. 32. – С. 59–66.
15. *Волкова И.И.* О растительности Тюгурюкского болота (Горный Алтай) // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. – СПб.: Бостон-спектр, 2011. – Т. 1. – С. 44–47.
16. *Рудский В.В.* Природопользование в горных странах (на примере Алтая и Саян). – Новосибирск: Наука, 2000. – 207 с.
17. *Трешников А.Ф.* Географический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1988. – 431 с.
18. *Рудой А.Н., Лысенкова З.В., Рудский В.В., Шишин М.Ю.* Укок (прошлое, настоящее, будущее). – Барнаул, 2000. – 174 с.

УДК 556.114:622.331: 543.3

Ахметьева Н.П.

Ахметьева Нина Петровна, с. н. с., к. г.-м. н., лаборатория гидрогеологических проблем охраны окружающей среды ИВП РАН. 119333, г. Москва, ул. Губкина, 3, nakhmeteva@rambler.ru

Михайлова А.В.

Михайлова Алла Владимировна, с. н. с., к. х. н., лаборатория инструментальных методов и органических реагентов. ФГБОУН «Ордена Ленина и ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского» Российской академии наук (ГЕОХИ РАН). 119991, ГС. П-1, Москва, ул. Косыгина, 19, xemafiltra@yandex.ru

Кричевец Г.Н.

Кричевец Геннадий Николаевич, с. н. с., к. г.-м. н., лаборатория гидрогеологических проблем охраны окружающей среды ИВП РАН. 119333, г. Москва, ул. Губкина, 3, gkrich@yandex.ru

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ БОЛОТНЫХ РЕК МЕЩЕРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Аннотация. Проведено сравнение химического состава воды болотных рек Мещерской низменности: Бужи, Пры, Нерской и Яузы. Раньше здесь проводились торфоразработки, в долине р. Нерская и р. Бужа проходили пожары. Показано, что в отличие от торфоразработок пожары вызывают резкое изменение химического состава воды. Однако влияние торфоразработок приводит к нарушению условий формирования химического состава речного стока. Наблюдается разброс значений ХПК и других параметров; изменение содержания ионов носит переменный характер; нарушаются природные корреляции между основными параметрами (например, цветность, ХПК и ПО).

Ключевые слова: болотные реки, химический состав природной воды, антропогенное влияние, торфяные пожары, торфоразработки, Мещерская низменность.

Akhmet'eva N.P.

Akhmetyeva Nina P., Ph.D., Senior Research of Environmental Hydrogeology Laboratory, Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences. Moscow, Gubkina, 3. nakhmeteva@rambler.ru

Mikhailova A.V.

Mikhailova Alla V., Ph.D. (analytical chemistry), Senior Research, Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of the Russian Academy of Sciences. Moscow, Kosyigina, 19. xemafiltra@yandex.ru

Krichevets G.N.

Krichevets Gennadiy N., Ph.D. (Candidate of geological-mineralogical sciences), Senior Research of Environmental Hydrogeology Laboratory of Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences. Moscow, Gubkina, 3. gkrich@yandex.ru

HYDROCHEMICAL REGIME OF MIRE RIVERS OF THE MESHCHERSKAYA LOWLAND

Abstract. Water chemistry of mire rivers of Meshcherskaya Lowland, the Buzha, Pra, Nerskaya, and Yauza, was compared. Earlier, peat mining was carried out here, fires took place in the valley of the Nerskaya and Buzha rivers. It is shown that, unlike peat mining, fires cause a sharp change in the chemical composition of water. However, the influence of peat mining leads to a violation of the conditions for the formation of the chemical composition of river runoff. There is a variation in the values of bichromate oxidability and other parameters; the change in the ion content is variable; natural correlations between the main parameters (for example, chromaticity, bichromate and permanganate oxidability) are violated.

Key words: mire rivers, chemical composition of natural water, anthropogenic influence, peat fires, peat mining, Meshcherskaya lowland.

Введение

Статья является логическим продолжением предыдущей статьи, опубликованной в журнале «Труды Инсторфа» (№ 22, 2020) «Влияние гидрологического режима торфяников Мещерской низменности на режим болотных рек» [1]. Гидрохимический режим рек тесно связан с их гидрологическим режимом, в связи с чем в представленной статье приводятся ссылки на предыдущую статью. Например, в засушливые годы расход воды в летнюю межень иногда уменьшается до нулевых или близких к нулю значений. В таких случаях химический состав речных вод сильно изменяется – повышается общая минерализация, в воде за счет испарения повышается содержание отдельных компонентов, например, сульфатов и хлоридов, вода обедняется кислородом, в реке возникают заморы, происходит частичное вымирание ихтиофауны.

В периоды проведения мелиоративных работ по затоплению или обводнению осушенных торфяных болот на водосборной площади также происходит изменение химического состава речных вод – снижается цветность воды, уменьшается содержание органического вещества (ОВ) в воде, повышается содержание кислорода и оксидов железа. Таким образом, на химический состав болотных рек влияют как природные условия, так и антропогенная обстановка местности.

Мещерские болота за этот промежуток времени испытывали значительную антропогенную нагрузку. В 1962–1990 гг. на Мещерской низменности интенсивно проводились торфоразработки верховых, переходных и низинных болот. Торф поступал главным образом на Шатурскую электростанцию. Начиная с 1986 г., потребность в торфе для станции постепенно стала снижаться в связи с переходом на газовое топливо. К 1990-м большинство торфоразработок было закрыто. На осушенных и заброшенных торфяных карьерах и бывших фрезерных полях стали возникать торфяные пожары, вызвавшие изменение химического состава болотных рек.

Целью работы было исследование гидрохимического режима малых болотных рек Мещерской низменности (Пра, Бужа, Нерская и Яуза) и анализ полученных за много лет результатов. Подробного изучения этих рек не проводилось.

В статье приведен химический состав воды по основным компонентам для четырех рек Мещерской низменности: Бужи, Пры, Нерской и Яузы. Реки Бужа, Пра и Нерская берут начало из озер верховых болот, р. Яуза – из низинного болота. Цвет воды рек Бужа, Пра и Нерская – темный торфяной.

В распоряжении авторов имеются опубликованные гидрохимические данные за некоторые годы периода 1962–1975 гг. [2] и собственные данные полевых исследований за 2020 и 2021 гг. Химический состав воды в гидрологических ежегодниках приведен по результатам исследований, выполненных по методикам руководства, принятого в Гидрометслужбе [3]: общая жесткость и ионы кальция определены трилонометрическим методом; нитраты определены по Гранвалю и Ляжу; хлор – меркурометрическим методом. Ионы нитратов, фосфатов, железа, аммония и кремния определены фотометрически. Пробы воды при взятии консервировались хлороформом, а для определения окисляемости, нитритов и кремния – 25% серной кислотой.

Отбор проб воды авторы проводили, согласно рекомендациям [4–6], с глубины ~30 см от поверхности. Пробы доставляли в лабораторию в течение суток. Химический анализ состава болотных вод (2020 и 2021 гг.) выполняли с применением аттестованных методик в Испытательном центре АО «ГИЦ ПВ». Центр имеет аттестат аккредитации испытательной лаборатории (центра) Росаккредитации № РОСС RU.0001.21.ПВ06 и Аттестат аккредитации испытательного лабораторного центра (испытательной лаборатории) № AAC.A.00259 международной системы ILAC.

Объекты исследований и результаты наблюдений

Река Бужа вытекает из оз. Исихра, расположенного в 18 км севернее границы Национального парка «Мещера» (образованный в 1992 г.), и течет на юг, впадая в оз. Святое. Болотные отложения составляют ~40% водосборной площади реки. Прилегающая местность – слабоволнистая равнина, поросшая зрелым смешанным лесом [2]. Долина реки трапецеидальная, шириной 0,5–3 км с пологими склонами. Пойма двухсторонняя, шириной до 400 м, неровная, изрезанная старицами, рукавами и протоками; начинает затопляться при уровне воды 280 см. Русло извилистое, на участке поста прямолинейное, глинисто-песчаное, местами заиленное, деформирующееся. Ширина реки в межень 10–12 м. Левый берег пологий, правый – крутой, местами обрывистый. Высота берегов 2,5–2,8 м.

Результаты анализа воды р. Бужа приведены в табл. 1. Общие обозначения в таблицах следующие: °$Ж_0$ – общая жесткость; GH – постоянная жесткость; °DH – немецкий градус жесткости; ПО – перманганатная окисляемость; ХПК – бихроматная окисляемость или химическое

Таблица 1. Химический состав воды р. Бужа (д. Избище)

Table 1. Chemical composition of the water of the Buzha river (Izbishche village)

Показатель		Год												
		1962		1963		1964							2020	2021
Дата отбора пробы		5.03	24.08	9.03	31.07	9.03	4.04	21.04	5.05	13.06	5.07	12.11	10.08	31.05
Средний сут. расход, $м^3/с$		0,87	6,84	0,96	4,24	0,47	0,55	29,3	8,28	2,71	0,66	0,6	–	–
Температура воды, °C		0	–	0	21	0	0	6,2	12	20,6	20,3	0	16,4	16,1
Прозрачность, см		18	14	11	8	10	8	16	>30	12	9	10	–	–
Кислород, мг/л		–	–	–	–	–	3,02	–	–	5,15	–	10,5	–	–
Насыщенность O_2, %		–	–	–	–	–	21	–	–	56	–	72	–	–
pH		6,25	<6	6,8	6,2	6,2	–	–	6,2	7,6	6,4	6,8	6,94	6,41
Содержание ионов, мг/л														
Кальций		12,5	9,9	15,5	5,8	14,8	13,2	5	4,2	6,6	8,2	12,2	11,1	7,9
Магний		5,2	3,5	3,3	1,6	5,5	3,4	1,5	1,6	2	2,4	3,5	3,2	2,43
Натрий + калий		4,5	6,6	0,6	2,2	5,5	7,2	7,2	6	3,8	7,2	5	5,72	8,39
Гидрокарбонаты		47,6	47	51,2	11,7	68,4	53,1	14,6	11,6	23,2	33,6	45,8	43	32,3
Сульфаты		10,8	3,9	4,4	4,3	8,5	9,7	13,8	14,8	6,9	5,3	9	45	6,6
Хлориды		7,9	6,8	5	3,1	3,9	5,5	3,9	3	3,9	7,8	5	4,8	3,4
Нитраты		0,05	0,23	0,02	0,12	0,08	0,02	0,92	0,14	0,75	1,05	0,98	1,4	<0,2
Нитриты		0,002	0,033	0,005	0,003	0,002	0,002	0,002	0,006	0,003	–	0,018	<0,02	<0,02
Сумма ионов		**88,6**	**78**	**80**	**28,8**	**106,7**	**92,1**	**46,9**	**41,3**	**47,2**	**65,6**	**81,5**	**114,2**	**61,2**
Фосфаты, мг P/л		0,066	0,094	0,104	0,108	0,006	0,034	0,058	0,036	0,111	0,106	0,039	–	–
Кремний, мг Si/л		12	9	4,6	–	6,1	10	8	5	9	3,8	3,6	–	–
Железо общ., мг Fe/л		5,19	4,43	7,28	5,4	8,4	6,8	1,72	1	3,84	4	0,68	6,8	1,48
$°Ж_0$, °DH		3,72	2,38	4,03	1,99	1,64	1,3	0,46	0,39	0,7	0,82	0,94	2,2	1,7
GH, °DH		2,38	1,71	2,49	–	0,82	0,75	–	–	–	–	–	–	–
Цветность		468°	299°	336°	520°	408°	512°	200°	154°	560°	288°	368°	240°	240°
Окисляемость, мг O/л	ПО	46,2	60,9	69,7	64,9	53,1	54	24,7	23,9	57,9	38	15,6	71	35
	ХПК	95,9	124,1	132,1	109,5	97,3	120,5	49,3	54,6	109,7	87,7	46,9	78	–

потребление кислорода; цветность – по Pt-Co шкале, град. цветности; прозрачность – по стандартному шрифту; «–» прочерк – нет данных. Минерализацию вод оценивали по сумме ионов.

В период интенсивных торфоразработок вода в р. Бужа была слабокислая (pH 6,2–6,5), слабоминерализованная (минерализация составляла от 28 до 100 мг/л), содержание ионов кальция низкое (~10 мг/л), натрия и калия – меньше 10 мг/л, сульфатов – 4–10 и хлоридов – 5–8 мг/л, цветность воды высокая, ПО – 50–70 мг О/л. После прекращения торфоразработок химический состав речной воды изменился незначительно: pH 6,9; минерализация несколько возросла (100–120 мг/л) за счет некоторого увеличения ионов кальция и сульфатов. Цветность воды снизилась до 240°, содержание железа общего возросло до 6,8 мг/л. Содержание биогенных элементов остается очень низким (предположительно в связи с отсутствием применения минеральных удобрений на водосборной площади).

Река Пра, несмотря на высокий уровень заторфованности водосбора, практически не имеет торфоразработок. Основной акцент ее использования – водорегулирование сенокосов и других сельскохозяйственных угодий. Долина реки является примером отсутствия или слабого влияния торфоразработок на формирование химического состава реки, протекающей по заторфованной местности. Река берет начало в небольшом оз. Сарыбьево Московской области, течет через леса и болота с севера на юг и впадает в оз. Дубовое, при выходе из которого разделяется на два рукава: правый протекает через оз. Святое и оз. Сокорево, левый – через оз. Шагара и оз. Ивановское. Рукава соединяются вновь в 2 км юго-восточнее д. Чебукино. Далее Пра течет через оз. Мартыново, проходит по южной окраине г. Спас-Клепики, затем поворачивает на юго-восток и впадает в р. Оку у пристани Кочемары, близ урочища Лопата. Прилегающая местность – слабо пересеченная равнина, покрытая густым зрелым смешанным лесом. Долина реки трапецеидальная, шириной ~3 км. Правый склон долины крутой, левый – пологий, облесенный, сложен супесью. Пойма левобережная, в 0,5 км ниже водпоста – двухсторонняя, шириной до 3 км, пересеченная, сложена песчано-илистыми и торфянистыми грунтами, покрыта зрелым смешанным лесом, местами заболочена, начинает затопляться при уровне воды 235 см [2]. Русло извилистое, песчаное, слабо деформирующееся, местами засорено топляками, у берега значительно зарастает водной растительностью. Ширина русла реки в межень 40–50 м. Берега крутые, обрывистые, сложены суглинками, поросли мелким кустарником и луговой растительностью. На участке поста правый берег сливается со склоном долины. Гидрологический (уровенный) режим ежедневно замеряется на гидропосту в д. Деулино Спас-Клепиковского района Рязанской области, имеющиеся по этому посту данные по химическому составу воды выборочные (табл. 2).

В 1,5 км ниже водпоста в отдельные годы в период весеннего ледохода наблюдаются заторы льда, при лесосплаве – заломы леса. При уровне воды 278 см начинает действовать протока поймы «Темная». Водпост открыт 15 августа 1954 г., находится на правом берегу реки, до 19 сентября 1970 г. – на одном месте, а затем, вследствие размыва берега, перенесен на 22 м ниже по течению и совмещен с гидростворoм № 2. Наблюдения над уровнем воды на старом и новом водпостах увязаны.

Вода в болотной р. Пра имеет показатели ниже, чем у р. Бужа и Нерская. Минерализация воды в период 1960–1990 гг. составляла 43–100 мг/л, далее минерализация стала медленно возрастать, достигнув летом 2011 г. значения в 295,5 мг/л. В настоящее время минерализация составляет 132,3 мг/л. Общее содержание железа также постепенно возрастает, составляя в 1960–1990 гг. 0,9–1,3 мг/л, в 2010 г. – 2,5 мг/л, а в 2020 г. – 4,2 мг/л. Цветность воды в летний период равна 60°–300°, в настоящее время – 490°. ПО речной воды также медленно возрастает от значений 19–25 мг О/л в период 1960–2000 гг. до 63 мг О/л в 2020 г. Содержание Ca^{2+} и SO_4^{2-} было максимальным в 2010–2011 гг. (26,3–31,0 мг/л для Ca^{2+} и 56 мг/л для $S0_4^{2-}$). Повышенные значения Ca^{2+}, SO_4^{2-}, $Fe_{общ.}$ и общей минерализации в 2010–2011 гг. связано, по-видимому, с интенсивными торфяными пожарами, произошедшими в эти годы [11]. В настоящее время вода р. Пра имеет несколько повышенные показатели: pH – 8,1, цветность – 490°, ПО – 63 мг О/л, ХПК – 78 мг О/л, содержание SO_4^{2-} – 44 мг/л и минерализация – 132,1 мг/л. Содержание кислорода в летний период не опускается ниже 5 мг О/л, в связи с чем можно утверждать, что заморов рыбы в реке не происходит.

Река используется в рекреационных целях – для купания, рыбной ловли, плавания на катамаранах.

На примере ***р. Нерской***, которая берет начало в верховом болоте, показано изменение химического состава воды за много лет (табл. 3).

Таблица 2. Химический состав воды р. Пра (д. Деулино)

Table 2. Chemical composition of the water of the Pra river (Deulino village)

Показатель		Год													
		1960	1962		1963		1964							2020	2021
Дата отбора пробы		10.08	11.03	26.10	16.02	4.09	25.03	17.04	21.04	4.05	29.05	31.07	18.11	10.09	31.05
Средний сут. расход, $м^3/с$		5,03	3,2	49	1,8	10,4	2,61	29,2	56,1	42,5	34,5	7,6	4,96	–	–
Температура воды, °C		18,3	0	4,3	0	20,1	0	0,9	5,1	10,7	15,2	20,1	2	18,3	–
Прозрачность, см		>30	10	16	7	26	5	5	6	15	20	15	13	–	–
Кислород, мг/л		–	–	–	5,1	4,68	–	–	–	–	–	8	–	5	–
Насыщенность O_2, %		–	–	–	35	51	–	–	–	–	–	86	–	–	–
pH		7	6,35	6,25	6,2	6,8	6,55	6,45	6,5	6,4	7,75	7	6,8	8,1	6,69
Содержание ионов, мг/л															
Кальций		8,3	22,2	11,5	14,7	9,2	24,6	9,8	9	9,4	9,8	14,8	24,6	12,1	8,3
Магний		3,7	7,1	1,4	2,8	2,4	10	2,1	2,1	2,1	2,1	2,4	4,9	3,22	2,35
Натрий + калий		3	17,7	2,4	8,7	2,7	15,5	7,2	9,5	8	4,5	2	7,5	12,1+6	5,6+1,79
Гидрокарбонаты		31,1	95,8	30,5	56,2	31,1	120,2	26,8	26,8	28,7	28,7	45,2	68,4	37	34
Сульфаты		10,1	24,3	8,1	9,3	8,1	24,7	16,8	16,6	15,2	13,4	8,6	24,4	44	7,7
Хлориды		4,2	11,4	3,9	7,1	2,7	6,8	4,9	6,3	5,5	3,1	3,4	10	5,5	3,3
Нитраты		0,04	0,05	0,28	0,15	0,65	0,18	1,01	1,82	0,39	0,06	0,15	0,94	12,2	<0,2
Нитриты		0,002	0,003	0,004	0,003	0,004	0,022	0,036	0,005	0,005	0,002	0,001	0,012	<0,02	<0,02
Сумма ионов		**60,4**	**178,6**	**58,1**	**99**	**56,9**	**201,5**	**68,6**	**72,1**	**69,3**	**61,7**	**76,6**	**140,8**	**132,1**	**63**
Фосфаты, мг P/л		0,053	0,046	0,085	0,018	0,017	0,021	0,013	0,044	0,055	0,47	0,06	0,021	–	–
Кремний, мг Si/л		5	8,7	4,6	5	8	7,2	4,8	6	7	4,4	9,2	5	–	–
Железо общ., мг Fe/л		1,94	11	2,42	8,8	4	9,76	3,16	1,44	1,4	1,52	2	1,72	4,2	2,25
$°Ж_0$, °DH		2,3	6,38	2,3	4,03	2,44	2,58	0,83	0,7	0,72	0,74	1,05	1,72	2,2	1,74
GH, °DH		–	2,8	–	2,3	–	0,91	–	–	–	–	0,66	0,9	–	–
Цветность		130°	38°	292°	560°	264°	296°	98°	74°	110°	110°	176°	80°	490°	240°
Окисляемость, мг O/л	ПО	24	25,2	23,9	63,4	32,6	23,8	16,1	13,2	20,7	20,2	29,8	15,4	63	37
	ХПК	47,1	89	77,8	118,2	59,5	51	36,2	29,2	40,6	45	57,8	35,9	78	–

Таблица 3. Химический состав воды р. Нерская (д. Куровское)

Table 3. Chemical composition of the water of the Nerskaya river (Kurovskoye village)

Показатель		Год															
		1962		1963		1968				1969		1970				1971	
Дата отбора пробы		11.03	11.09	13.03	9.08	27.03	2.04	7.06	15.09	15.04	1.09	11.03	26.05	29.07	8.09	6.04	2.09
Средний сут. расход, $м^3/с$		1,13	2,58	0,73	2,14	1,13	28,5	0,75	0,48	13,4	0,73	0,86	2,55	0,57	0,56	12,8	0,6
Температура воды, °C		0,1	15	0,6	19,5	0	1,8	20,2	–	2,4	20,1	2	11,8	23	13,8	2	15,5
Прозрачность, см		17	15	10	>30	7	>30	8	20	11	24	10	15	>30	>30	10	>30
Кислород, мг/л		–	–	–	–	3,56	–	7,48	5,76	8,26	5,63	9,81	7,02	4,65	7,2	8,71	7,12
Насыщеннность O_2, %		–	–	–	–	25	–	79	–	61	61	72	65	53	70	64	76
pH		6,45	6	6,6	6,8	6,6	6,2	7,1	–	6,8	7,1	6,7	6,95	7,2	7,15	6,8	7,3
Содержание ионов, мг/л																	
Кальций		26,8	21	28,8	21,5	40,9	46,5	38,5	48,6	25,8	41,5	13,4	34,9	36,1	24,6	41,5	35,7
Магний		7,8	5,6	4,9	4,5	10,7	5,8	7,1	7,4	4,6	7,5	2,7	2,8	7	2,4	6,8	8,4
Натрий + калий		16	8,2	16,9	9,7	279	16,5	21,8	21	9	17,8	7	7	7,2	4	33,6	19
Гидрокарбонаты		92,8	64,7	97,6	56,8	101,2	11	81,2	123,8	25	92,7	11,6	66,5	99,5	25,6	81,8	91,5
Сульфаты		33,5	24,7	26,5	31,1	115,2	132,3	59,9	56,4	52,7	51	35,4	37	46,5	38,7	81,9	42,8
Хлориды		13,8	9,2	12,9	8,5	355,3	17,7	24,2	24	17,8	25,2	7,6	13,1	2	12,1	36,5	29,8
Нитраты		0,78	0,14	0,13	0,75	0,4	1,1	0,38	0,25	1,2	0,04	0,7	1,2	0,16	1,1	0,8	0,19
Нитриты		0,003	0,018	0,016	0,009	0,002	0,2	0,02	0,002	0,167	0,01	0,005	0,003	0,04	0,027	0,002	0,007
Сумма ионов		**191,5**	**133,6**	**187,7**	**132,9**	**902,7**	**231,1**	**233,1**	**281,5**	**136,3**	**235,8**	**78,4**	**162,5**	**198,5**	**108,5**	**282,9**	**227,4**
Фосфаты, мг P/л		0,079	0,072	0,054	0,059	0,019	0,069	0,198	0,06	0,037	0,172	0,085	0,085	0,172	0,128	0,116	0,172
Кремний, мг Si/л		7,2	7,7	9,8	7,8	6,8	3	4,4	4	4,6	4,6	2	6	5	3,6	4,6	7
Железо общее, мг Fe/л		5,03	2,75	8,2	3,4	2,56	0,28	1,08	0,04	1,28	–	0,6	1,6	1,2	0,8	0,6	0,75
$°Ж_0$, °DH		6,3	4,65	6,38	4,54	8,4	7,8	6,7	8,4	4,5	7,3	2,44	5,3	6,4	3,9	7,36	6,7
GH, °DH		2,86	2,52	2,72	2,74	4,5	7,6	3,6	3,4	3,9	3,9	–	3,1	2,8	3,4	4,26	3,4
Цветность		150°	168°	160°	90°	56°	54°	54°	60°	60°	72°	36°	50°	50°	50°	50°	42°
Окисляемость, мг O/л	ПО	24,5	27,7	19,7	16,1	12,5	10,2	16,6	15	12,9	14,9	–	22,1	13,8	15,7	11,9	17,5
	ХПК	42,8	64,3	46,2	44,6	25,3	20,7	33,8	30,6	34	–	–	42,2	26	27,1	37	31,9

Таблица 3. Продолжение

Table 3. Continuation

Показатель		Год															
		1972				1973		1974				1975				2020	2021
Дата отбора пробы		8.03	18.07	1.09	17.10	24.04	16.10	28.03	22.07	22.08	17.10	22.04	23.07	28.08	23.10	10.09	31.05
Средний сут. расход, $м^3/с$		0,46	0,37	0,12	0,66	7,22	1,27	23,3	2,26	1,14	0,67	5,77	1,73	0,4	0,48	–	–
Температура воды, °C		0	24,4	16	6	8,2	2,2	0,2	23,1	17	9,4	9,8	21,4	16,2	2,8	16,8	–
Прозрачность, см		5	13	27	25	18	25	8	>30	>30	29	>30	>30	28	19	–	–
Кислород, мг/л		4,04	5,32	7,6	7,52	8,72	8,41	8,49	4,6	5,22	7,2	–	4,92	7,79	11,43	–	–
Насыщеннность O_2, %		33	52	75	51	74	62	59	53	54	63	8,56	55	79	85	–	–
pH		6,75	7,8	7,55	7,3	7	7,45	6,8	7	7,1	7,15	7,2	7	7,4	7,2	7,49	6,82
Содержание ионов, мг/л																	
Кальций		42,7	50,5	53,9	40,1	31,5	40,9	26	35,9	36,5	33,9	34,1	45,1	44,3	37,7	34,8	29
Магний		11,5	5,1	8,8	9,8	5,8	8,9	6,1	6,4	5,8	8,3	3,4	10,3	7,3	7,2	7,3	5,9
Натрий + калий		36	30	65,7	30	11,8	7,8	7,2	6,8	15,5	21,8	8,8	14	31	18,5	16,2	18
Гидрокарбонаты		137,2	100	163,5	80,6	23,8	65,9	58	91,5	96,4	99,4	43,3	115,9	119	88,5	110	329
Сульфаты		74,5	59,2	106,7	88,4	96,9	51	39	37,8	45,7	51	60,1	54,2	71,6	54,2	46	15,4
Хлориды		26,2	44,6	40,6	29,1	8,2	32,6	10	10,2	13,6	18,7	12,8	22,3	21,6	22,3	23,6	18
Нитраты		0,33	0,28	0,48	0,67	0,97	1,5	2,5	0,67	0,5	0,97	0,59	0,25	0,05	0,23	1,7	1,7
Нитриты		0,022	0,02	0,025	0,03	0,03	0,01	0,5	0,027	0,023	0,027	0,128	0,039	0,035	0,162	0,27	0,17
Сумма ионов		**328,5**	**289,7**	**438,7**	**278,5**	**181**	**208,6**	**149,3**	**189,3**	**214**	**234,1**	**163,2**	**262,1**	**324,9**	**229,1**	**239,9**	**417,2**
Фосфаты, мг P/л		0,294	0,147	0,17	0,172	0,09	0,086	0,336	0,263	0,255	0,18	0,102	0,036	0,136	0,105	–	–
Кремний, мг Si/л		7	4,6	6	6	5	8,2	8	6,5	6,3	7,4	1,8	2	2,9	4,9	–	–
Железо общее, мг Fe/л		2,76	0,64	0,8	1	0,4	0,52	0,52	0,1	0,3	0,32	1,36	0,42	0,41	0,5	8,2	5
$°Ж_0$, °DH		8,7	8,1	9,5	7,6	6,2	7,6	5,05	6,4	6,4	6,4	5,3	8,69	7,8	6,7	6,4	5,5
GH, °DH		3,2	4,2	4,2	4,5	5,6	5,3	3,1	3,1	2,8	2,8	4,2	3,9	3,2	3,4	–	–
Цветность		40°	50°	60°	40°	20°	44°	2°	78°	40°	40°	8°	20°	7°	16°	250°	336°
Окисляемость, мг O/л	ПО	16	17,6	16	11,2	15,6	9,2	11,2	19,2	14,5	13,1	16,5	13	13,6	10,5	23	17
	ХПК	36,4	46,2	38,2	32,4	31,2	28,7	24,3	37,1	28,5	29,4	36,6	–	–	25,8	76	–

Р. Нерская – основной гидрологический объект на территории государственного природного заказника областного значения «Междуречье рек Нерская и Гуслица» (МО, Орехово-Зуевский район, г. Куровское) [7]. Река Нерская – левый приток первого порядка р. Москва. Длина реки составляет 92 км, площадь водосборного бассейна – 1510 км^2, среднегодовой расход воды – 8,3 м^3/с. Исток реки расположен в торфяных болотах мощностью ~2 м, местами мощность торфа увеличивается до 5–6 м. Впадает она в р. Москва около д. Маришкино Воскресенского района, в г. Куровское имеется гидропост. Русло реки извилистое, преобладающие глубины – 0,6–1,7 м. В границах заказника русло р. Нерская представляет собой цепочку длинных, широких и глубоких плесов, которые соединены узкими и мелкими участками с бродами. Расширения реки, как правило, связаны с когда-то существовавшими здесь прудами и мостами, но в некоторых случаях имеют естественное происхождение. Река Нерская очень живописна и пересекает крупный лесной массив, а поэтому имеет большое рекреационное значение. Важно также, что река, петляя по долине, попеременно приближается то к одному, то к другому коренному берегу. В случае таких приближений образуются невысокие приречные обрывы с песчаными пляжами. Вода в р. Нерская темная, в связи с тем, что в ее бассейне очень много торфяных болот [8], что является характерной особенностью рек такого типа [9, 10]. Поэтому повышенное содержание органического вещества (ОВ) в болотной воде таких рек не может служить критическим показателем загрязненности воды р. Нерская [11]. Территория заказника представляет собой типичный участок Мещерской низменности, в настоящее время мало затронутый антропогенным воздействием. Раньше на верховых болотах истока р. Нерской в 1950–1970-х годах интенсивно велись торфоразработки.

По данным табл. 3 вода в исследуемой реке была очень высокой цветности в 1962-м, 2020-м и 2021 г. Однако во время торфоразработок цветность воды значительно снижалась – от средней до очень малой (1975 г.). Вода в р. Нерская в основном прозрачная (прозрачность >30 см, редко – мало мутная), т. е. отсутствуют взвеси песка и глины, а также неорганические соединения (гидроксиды алюминия) и фито- или зоопланктон.

Вода в р. Нерская в целом сульфатно-гидрокарбонатная, содержит также значительные количества ионов кальция, хлорид-ионов и суммы натрий-калий. Анализируя химический состав воды р. Нерской (табл. 3), можно отметить, что годы 1968 и 1972 являются необычными, отличающимися от других. В пробе воды от 27 марта 1968 г. зафиксированы аномально высокие значения (мг/л): минерализация воды (по сумме ионов) – 902.7; содержание ионов Na^++K^+ – 279; Ca^{2+} – 40,9; SO_4^{2-} – 115,2; Cl^- – 355,3; температура воды – 0 °С; pH 7,1–7,2, река была подо льдом, расход реки 1,13 м^3/с, а максимальный паводковый расход 2 апреля составил 25 м^3/с. В следующих анализах воды от 7 июня и 15 июля высокие значения ионов не прослеживаются: минерализация воды (по сумме ионов) стала составлять соответственно 233,1 и 232,7 мг/л; содержание сульфатов – 59,9 и 46,1 мг/л, хлоридов – 24,2 и 47 мг/л.

Такая же ситуация сложилась летом 1972 г., года максимально жаркого и засушливого [12]. Минерализация речной воды (по сумме ионов) в середине июля составила 438,7 мг/л, содержание ионов Ca^{2+} составило 53,9 мг/дм^3, Na^+ + K^+ – 65,7 мг/л, SO_4^{2-} – 106,7 мг/л, Cl^- – 40,6 мг/л. Изменение состава речной воды произошло достаточно резко в июле 1972 г. Авторы считают, что причиной резкого изменения химического состава воды являются торфяные пожары, охватившие многие подмосковные болота и принесшие большой ущерб.

Наши мониторинговые исследования торфяных пожаров на бывших торфоразработках близ пос. Радовицкий Мох (МО, Шатурский район) показали, что в результате торфяных пожаров состав болотной воды резко изменился, приобрел повышенную общую минерализацию (>1 г/л), ее pH повысился до 7,8–8,2, в воде появились в повышенном количестве сульфаты (>500 мг/л), хлориды (>300 мг/л), Ca^{2+} (до 546 мг/л) [12].

В воде р. Нерской наблюдалось изменение значения pH от 7,8 и осенью (17 октября) до 7,3. Известно, что резкие изменения химического состава воды в реке нежелательны и могут привести к гибели ихтиофауны и других обитателей водной среды.

В XXI веке торфоразработки на водосборной площади р. Нерской были прекращены, достаточно интенсивно проводится затопление и подтопление. Химические анализы за последние два года (2020 и 2021 гг.) показали, что содержание основных ионов в речной воде мало отличается от среднестатистических показателей периода интенсивных торфоразработок.

Для всех рек верховых болот Мещерской низменности характерно повышенное содержание общего железа (до 8,2 мг/л), цветности (336°), ПО (7–37 мг О/л), иногда привкус и запах составляют до 4 баллов.

Таким образом, можно сделать вывод, что прекращение торфоразработок на водосборной площади реки мало повлияло на химический состав речной воды. Только торфяные пожары оказывают влияние на состав речной воды.

Река Яуза (с. Ватутино). Пост расположен на северной окраине г. Москвы, у бывшего с. Ватутино, в 6 км выше устья р. Лось.

Прилегающая местность – волнистая равнина, местами пересеченная неглубокими оврагами, была малозаселенной и преимущественно занята под строения г. Москвы и прилегающих населенных пунктов, сложена средне- и легкосуглинистыми грунтами. Долина реки трапецеидальная. Склоны долины умеренно крутые, преимущественно заняты под строения, суглинистые. Пойма преимущественно левобережная, шириной до 100 м, использовалась под огороды [2], сложена супесчаными и песчаными грунтами, начинает затопляться при уровне воды 200 см. Русло умеренно извилистое, песчано-илистое, наблюдаются отдельные островки. Ширина русла реки в межень 5–7 м. Берега низкие, пологие. На температурный и ледовый режим реки на участке водпоста оказывает влияние сброс сточных вод, устойчивый ледостав не наблюдается. Водпост был расположен на правом берегу.

Река Яуза приурочена к восточной части Мещерской низменности. Ее верховья (исток и первые 40 км до МКАД) можно отнести к болотной реке, протекающей по низинному болоту, получающему питание за счет атмосфер-

Таблица 4. Химический состав воды р. Яуза (с. Ватутино)

Table 4. Chemical composition of the water of the Yauza river (Vatutino village)

Показатель		Год					
		1962			1963	2020	2021
Дата отбора пробы		21.02	7.03	10.09	10.09	10.09	31.05
Температура воды, °С		2	3,6	13,6		–	–
Прозрачность, см		4	7	3	–	–	–
Кислород, мг/л		–	18,23	2,4	–	–	–
Насыщенность O_2, %		–	139	23	–	–	–
CO_2, мг/л		–	27,8	27,6	–	–	–
pH		7,75	7,55	7,35	7,59	7,59	7,77
Содержание ионов, мг/л							
Кальций		73,4	76,5	71,9	80,7	69	75
Магний		16,8	16	13	17	11,7	14
Натрий + калий		71	97,6	47,8	97,9	45+5,3	39+5,5
Гидрокарбонаты		273	324,5	276,3	327	323	263
Сульфаты		98,5	108,1	54,6	79,5	36	45
Хлориды		47	51,3	31,1	81,9	131	72
Нитраты		0,77	1,01	1,19	1,01	3,7	3,5
Нитриты		0,084	0,108	0,004	0,002	0,253	0,34
Сумма ионов		**581,5**	**675,1**	**495,9**	**685**	**625**	**517,3**
Фосфаты, мг Р/л		0,061	0,1	0,085	0,055	–	–
Кремний, мг Si/л		3,7	8	6,9	9	–	–
Железо общее, мг Fe/л		2,75	1,96	1,66	2,56	0,83	0,66
°$Ж_0$, °DH		14,5	14,7	13,3	15,6	12,3	13,7
GH, °DH		2,86	1,2	1,71	1,76	–	–
Цветность		32°	40°	47°	38°	82°	30°
Окисляемость, мг О/л	ПО	7,6	12,2	12,6	19,3	7,4	7
	ХПК	20,4	33,9	36,4	64,8	–	–

ных осадков и снеговых источников, но также за счет напорных подземных вод, определяющих особенности питания и формирования химического состава речных вод Яузы [13]. Болотные ключи в долине р. Яуза стали впервые применять для централизованного водоснабжения с 1804 г.

Река Яуза начинается в НП «Лосиный остров», близ д. Оболдено, вытекая из небольшого болотистого озера, заросшего камышом и рогозом (55,54° СШ и 37,55° ВД). За пределами парка река протекает по г. Мытищи, далее по северо-восточным пригородам Москвы и на 103 км МКАД пересекает границу города, становится городской водной артерией с сильно нарушенными естественными условиями питания и интенсивным антропогенным загрязнением. В бывшем с. Ватутино, расположенном в долине реки в 48 м от истока (теперь микрорайон «Северное Медведково»), проводились гидрологические и гидрохимические наблюдениязa р. Яуза. В период с 1925-го по 1964 г. при расширении границ Москвы Ватутинский гидропост был закрыт. Мониторинговые наблюдения, выполненные на новом посту, расположенном практически в центре города, сильно отличаются от предыдущих и в данной статье нами не рассматриваются. Таким образом, авторами были использованы данные по химическому составу воды р. Яузы, собранные на Ватутинском гидропосту, затем собственные данные исследований болот долины р. Яузы 2014 г. в пределах НП «Лосиный остров», 2020 и 2021 гг. [12].

Вода в р. Яуза в пределах МО и НП «Лосиный остров» гидрокарбонатно-хлоридная (редко гидрокарбонатно-сульфатная), кальциевая с минерализацией 500–680 мг/л, с pH 7,35–7,77; вода содержит повышенное количество общего железа (0,7–2,8 мг/л), несколько повышенную общую жесткость (по сравнению с другими болотными реками) в 12–15 °DH, ПО составляет 7–27 мг О/л.

Вода р. Яуза в пределах Московской области отличается от других рек Мещерской низменности (описанных выше) более высоким значением минерализации (490–685 мг/л), содержанием сульфатов (36–108 мг/л), некоторым увеличением pH – до 7,7. Предположительно это явление связано с разгрузкой в долину р. Яуза напорных подземных вод, приуроченных к известнякам карбона, залегающим под четвертичными и верхнеюрскими, преимущественно глинистыми, породами на глубине около 30–40 м [13].

Заключение

По своему гидрохимическому составу воды болотных рек Мещерской низменности относятся к гидрокарбонатному классу кальциевой группы, по степени минерализации – к пресным, по степени жесткости – к мягким, по величине pH – к нейтральным [14].

Для рек характерны повышенные концентрации общего железа и высокие значения перманганатной окисляемости и цветности воды, особенно для рек Бужа, Пра и Нерская. Анализ данных и ранее полученных результатов выявил резкое изменение химического состава воды только в результате торфяных пожаров [12].

Проведение торфоразработок нарушает гидрогеологические условия болот и их связь с гидрографической сетью [15, 16], что влечет за собой нарушение устойчивости водно-болотных экосистем. Таким образом, торфоразработки влияют на нарушение условий формирования химического состава речного стока. В результате наблюдается разброс значений ХПК и других параметров, изменение содержания ионов носит переменный характер, нарушаются природные корреляции между основными параметрами, например, цветность, ХПК и ПО или минерализация и жесткость.

В природной системе, особенно в болотах, основные параметры химического состава воды должны быть иметь корреляцию, т. е. общая минерализация должна иметь корреляцию с жесткостью, а значение цветности воды с ПО и ХПК [17]. А значения, приведенные в таблицах, практически все показывают нам несогласованность этих параметров. Например, табл. 1 по р. Бужа, 1962 год: в марте цветность – 468°, а ХПК – 95,9 мг О/мл, а в августе цветность – 299°, ХПК – 124,1 мг О/мл, хотя должно уменьшаться. В 2020 г. цветность – 290°, а ХПК – 78 мг О/мл. На других реках: Нерская (62-й и 68-й годы), минерализация и жесткость также меняются без корреляции 2,7 и 2,5.

Отклонения от выявленных естественных закономерностей очевидны и объясняются авторами антропогенным влиянием на болота торфоразработками. Данные химического состава воды рек за 2020 и 2021 гг. показывают, что стабилизации природных закономерностей не произошло, несмотря на то что в последние 30 лет добычи торфа в Мещере в промышленных масштабах не происходит.

Библиографический список

1. *Ахметьева Н.П., Михайлова А.В., Кричевец Г.Н.* Влияние гидрологического режима торфяников Мещерской низменности на режим болотных рек // Труды Инсторфа. – 2020. – № 22 (75). – С. 3–11.
2. Гидрологические ежегодники: 1962–1975 гг. Т. 4. Бассейн Каспийского моря (без Кавказа и Средней Азии). – Л.: Гидрометеоиздат (ГИМИЗ).
3. *Алекин О.А.* Химический анализ вод суши: (При стационарном их изучении) / О.А. Алекин. – Л.: Гидрометеоиздат, 1954. – 199 с.
4. ГОСТ 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. Сб. ГОСТов. – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2010. – 48 с.
5. *Куцева Н.К., Карташева А.В.* Отбор проб – важная стадия анализа // Контроль качества продукции. – 2014. – № 2. – С. 8–12.
6. Методика отбора проб воды для химического анализа. ИвНИС ИВП РАН. https://www.iwp.ru/commerce/water-analysis/
7. *Иванов А.Н., Очагов Д.М., Мазохин А.С. и др.* Новый объект в экологическом каркасе Мещеры: заказник в междуречье рек Нерской и Гуслицы // Особо охраняемые природные территории: Современное состояние и перспективы развития. Материалы Всерос. юбилейной науч.-практ. конф., посвященной 25-летию НП «Мещера». – Владимир: Калейдоскоп, 2018. – 384 с.
8. *Вагнер Б.Б.* Реки и озера Подмосковья. – М.: Вече, 2006. – 480 с.
9. *Наймушина О.С., Сесь К.В.* Характерные особенности химического состава болотных вод Томского приобья // Актуальные проблемы геологии нефти и газа Сибири: Материалы Всерос. науч. конф. молодых ученых и студентов, посвящ. 80-летию ак. А.Э. Конторовича. – 2014. – С. 46–48.
10. *Сесь К.В.* Характерные особенности химического состава болотных вод нижней части бассейна реки Томь // Науки о Земле. Современное состояние: Материалы I Всерос. молодежной науч.-практ. конф. (Геологический полигон «Шира», Республика Хакасия). – 2013. – С. 171–173.
11. Качество поверхностных вод РФ. Ежегодник. – Ростов н/Д, 2016. – 556 с. https://water-rf.ru/water/gosdoc/493.html
12. *Ахметьева Н.П., Михайлова А.В., Кричевец Г.Н., Беляев А.Ю.* Торфяные болота центральных областей европейской части России: их трансформация за последние 100 лет. – М.: ГЕОС, 2020. – 141 с.
13. *Насимович Ю.А.* Яузское болото – бывшее «вышневолоцкое» водохранилище // Научные труды национального парка «Лосиный остров». Вып. 2. – М.: ВНИИЛМ, 2009. – С. 122–128. [В сборнике 194 с.].
14. *Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др.* Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: Справочные материалы. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2000. http://www.ecoline.ru/mc/refbooks/hydrochem/index.html
15. *Потапова Т.М., Марков М.Л., Задонская О.В.* Установление гидрохимического фона верховых болот различных регионов России для обоснования нормативов допустимого воздействия на болота // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. – 2020. – Т. 65. – № 3. – С. 455–467. https://doi.org/10.21638/spbu07.2020.303
16. *Лисс О.Л., Березина Н.А.* О взаимодействии болот и окружающей среды (на примере центральной части Западно-Сибирской равнины). https://www.activestudy.info/o-vzaimodejstvii-bolot-i-okruzhayushhej-sredy-na-primere-centralnoj-chasti-zapadno-sibirskoj-ravniny/ © Зооинженерный факультет МСХА.
17. *Фоменко А.И.* Зональные особенности химического состава вод малых рек бассейна рыбинского водохранилища // Водное хозяйство России. – 2020. – № 1. – С. 19–28.

УДК 622.331:614.841

Панов В.В.

Панов Владимир Владимирович, д. г. н., проф. кафедры горного дела, природопользования и инженерной экологии Тверского государственного технического университета (ТвГТУ). Тверь, Академическая, 12, vvpanov61@gmail.com

Женихов Ю.Н.

Женихов Юрий Николаевич, д. г. н., проф. кафедры горного дела, природопользования и инженерной экологии Тверского государственного технического университета (ТвГТУ). Тверь, Академическая, 12, jenixov2@mail.ru

СТРУКТУРА И УЧЕТ ПОЖАРООПАСНЫХ ТОРФЯНИКОВ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Приведены результаты исследований по инвентаризации пожароопасных торфяных болот Тверской области. Приведен классификатор пожарной опасности торфяных болот. В список наиболее пожароопасных торфяных болот включены 22 выработанных и 141 осушенное ранее разрабатываемых торфяных болота, которые должны быть обводнены в первую очередь.

Ключевые слова: торфяные пожары, выработанные торфяники, разрабатываемые торфяные месторождения, способ добычи торфа.

Panov V.V.

Panov Vladimir V., Dr. Sc., Prof. of the Chair of Mining Engineering, Environmental Management, Industrial Ecology of the Tver State Technical University. Tver, Academicheskaya, 12.

Jenichov Y.N.

Jenikhov Yury N. Dr. Sc., Prof. of the Chair of Mining Engineering, Environmental Management, Industrial Ecology of the Tver State Technical University. Tver, Academicheskaya, 12.

STRUCTURE AND ACCOUNTING OF FIRE-HAZARDOUS PEATLANDS OF THE TVER REGION

Annotation. The results of the inventory of fire hazardous peatlands of the Tver region are presented. The classifier of the fire hazard of peatlands is presented. The list of fire hazardous peatlands includes 22 depleted and 141 previously developed peatlands, which should be watered in the first place.

Key words: peat fires, developed peat bogs, peat deposits being developed, peat extraction method.

Введение

Торфяные пожары относят к чрезвычайным ситуациям природного характера, представляющим собой угрозу окружающей среде, здоровью и жизни людей. В Тверской области выявлено 3081 торфяное месторождение общей площадью 808,2 тыс. га с запасами торфа более 2 млрд тонн [1]. Добыча торфа в Тверской области велась с конца XIX века. Но после 1990-х годов с резким снижением спроса на торф со стороны государства десятки торфопредприятий обанкротились и лишились собственника. Оказались «брошенными» тысячи гектаров площадей осушенных и ранее разрабатываемых торфяников. При отсутствии собственника в условиях сухого и жаркого лета торфяные пожары становятся обычным явлением.

За последние 35 лет данные о состоянии торфяных болот Тверской области не обновлялись. По-прежнему при принятии тех или иных решений оперируют числами об осушенных торфяниках середины 1980-х гг. Хорошо известно [2], что оставленные торфяники по мере разрушения инфраструктуры, например, для добычи торфа, постепенно возвращаются в состояние, похожее на естественное. В результате за несколько десятилетий торфяники накапливают влагу и не представляют опасности появления пожаров. В значительной степени этот процесс зависит от характера техногенного нарушения торфяников.

В настоящее время крайне важными являются исследования по актуализации современного состояния ранее осушенных торфяников и степени их пожароопасности. Такие исследования позволят сформировать базу данных и ГИС об осушенных торфяниках с использованием картографических, фондовых материалов и данных полевых обследований торфяных болот. Не менее важной является возможность искусственного обводнения участков торфяников с целью снижения или смягчения глобального изменения климата. В качестве перспективы можно отметить использование обводненных торфяников для целей болотоводства.

Задачи настоящего исследования включают: 1) научное обоснование методики выбора критериев пожарной опасности осушенных торфяных болот, 2) анализ системы использования и степени пожарной опасности осушенных торфяных болот, 3) актуализацию списка пожароопасных торфяных болот или их участков, 4) научное обоснование критериев выбора пожароопасных осушенных торфяных болот для их повторного обводнения.

Результаты исследований

Для выбора критериев пожарной опасности проанализируем факторы антропогенного воздействия на торфяные болот, которые приводят к повышению их пожароопасности. В естественном обводненном состоянии торфяные пожары возможны только в окрайковых подсушенных зонах, прилегающих к минеральным территориям. Эти объекты не рассматриваются в данной работе, так как практически все болота в аномально сухой год могут быть пожароопасными.

На пожарную опасность осушенных торфяников в большей степени влияют способы добычи торфа. Разработка торфяных болот формировалась одновременно с совершенствованием способов добычи торфа – его извлечения и сушки. Поэтому характер освоения болот на протяжении длительного времени часто выражается многообразием форм их техногенной поверхности. Все многообразие этих форм по своему сочетанию представляют сложную систему. Важным признаком этой системы является целостность технологического воздействия на торфяник. Соответственно описание современного состояния торфяника, и в том числе самовосстановление его отдельных участков, должно основываться на признаках целостности.

Установить целостность воздействия можно, опираясь на стандартные параметры системы осушения и добычи торфа. На каждом новом этапе развития технологии добычи торфа всегда учитывались условия прежней деятельности. Они могли быть дополнительно трансформированы и довыработаны, оставлены или использованы для иных целей, например, лесоводство. Примером структурно-сложного и многоэтапного использования болота является Васильевский мох, расположенный недалеко от Твери (рис. 1).

После окончания добычи торфа на торфянике «Васильевский мох» оно использовалось в лесоводстве, строительстве, сельском хозяйстве. При периодическом выгорании и самообводнении торфяника, торфяник приобрел сложную структуру, требующую специальной оценки. В подавляющем числе примеров подобные торфяники в оставленном состоянии приобретают структуру из участков разной

Рис. 1. Поэтапное нарушение (белый цвет) торфяного месторождения Васильевский мох (более 6,5 тыс. га): 1-й этап (до 1935 г.) – добыча торфа машиноформовочным способом, 2-й (до 1955 г.) – гидравлическим способом, 3-й (до 1975 г.) – фрезерным

Fig. 1. Stage-by-stage disturbance (white) of the Vasilievsky Moss peat deposit: stage 1 (until 1935) – peat extraction by machine-forming method, stage 2 (until 1955) – by hydraulic method, stage 3 (until 1975) – by milling

степени пожароопасности. Например, на рис. 2 представлена современная структура выработанного торфяного месторождения Васильевский мох. Хорошо видно, что рассматривать этот торфяник как один объект невозможно. Следовательно, планировать какие-либо мероприятия по пожаробезопасности следует по отдельным участкам, включающие изыскания, проектирование их дальнейшего использования и мониторинг. Отдельно следует учитывать, что в национальной стратегии адаптации условий хозяйствования к глобальным изменениям климата роль торфяников отмечена отдельно. Это предполагает, что использование торфяников должно учитывать изменение себестоимости продукции с изменением климата. И как следствие, либо прекращение их использования с целью искусственного обводнения, либо наращивание использования торфяника в условиях перехода к «зеленой» энергетики.

Выделяя участки для обводнения в целях снижения их пожароопасности, следует учитывать, что они имеют сложную структуру. Для ее оценки предложен специальный классификатор [1].

Классификатор пожароопасности осушенных торфяных месторождений, учитывающий способы добычи торфа, расчлененность поверхности, обводненность, наличие и мощность деятельного слоя, растительность и отходы приведен в табл. 1.

Классификатор оценки пожарной опасности выработанных и разрабатываемых осушенных торфяных болот позволяет классифицировать их участки по степени техногенной пожарной опасности (табл. 2) и составлять при необходимости их картосхемы. В данной работе использовались классы пожарной опасности для определения приоритетных для обводнения торфяников.

Пожароопасность выработанных торфяных месторождений и осушенных ранее разрабатываемых площадей торфяных месторождений связывается со следующими факторами:

1) на выработанных торфяных месторождениях соответственно правилам технологического проектирования оставлялся остаточный слой торфа мощностью 0,5 м для сельскохозяйственного использования площадей и 0,3 м для лесопосадок. Наличие осушенного остаточного слоя торфа является фактором воз-

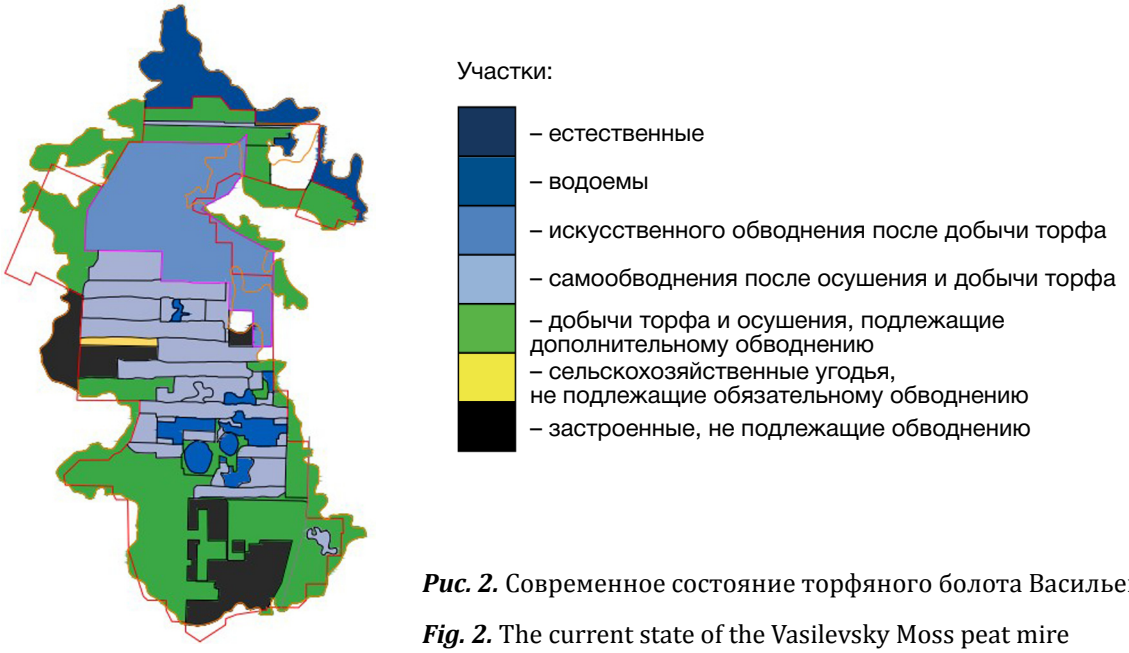


Рис. 2. Современное состояние торфяного болота Васильевский мох

Fig. 2. The current state of the Vasilevsky Moss peat mire

Таблица 1. Классификатор оценки пожароопасности выработанных и разрабатываемых торфяников

Table 1. Classifier of fire hazard assessment of developed peatlands

Способ добычи	Признаки	Признаки выработанных участков торфяного болота															Штабели торфа, пневой древесины и (или) их остатки	Сумма баллов
		Амплитуда рельефа поверхности, м			Средний многолетний уровень воды, см			Мощность деятельного слоя, см			Растительность			Отношение площади повышений и понижений				
		>2	2–0,5	<0,5	>0	0–20	<20	<10	10–70	>70	Лесная	Лесо-топяная	Топяная	>1	1	<1		
		Балл, оценка																
		3	2	1	0	1	2	1	2	3	3	3	3	3	2	1	1	
Гидравлический (карьер)	Абразия	+			+											+		4 (min)
	Заболачивание			+		+		+					+			+		5
	Затор-фовывание			+			+		+			+			+			9
Машиноформовочный (карьер)	Узкие перемычки			+		+		+				+				+		6
	Широкие		+				+		+		+				+			11
Фрезерное (поле)	Вогнутая форма			+	+			+					+	+			+	7
	Плоская			+		+			+			+		+			+	10
	Выпуклая		+				+			+	+			+			+	14 (max)

Таблица 2. Классификация техногенной пожарной опасности участков торфяников

Table 2. Classification of technogenic fire hazard of peatlands

Класс техногенной пожарной опасности	Сумма баллов (табл. 1)	Объект горения (характерные типы поверхности участков)	Условное обозначение на картосхемах
I (очень высокая)	12–14	Поля фрезерные с выпуклой поверхностью	Красный
II (высокая)	9–11	Поля фрезерные с плоской поверхностью; перемычки широкие между машиноформовочными карьерами; участок, примыкающий к гидрокарьерам с признаками заторфовывания	Оранжевый
III (средняя)	6–8	Поля фрезерные с вогнутой поверхностью; перемычки узкие между машиноформовочными карьерами	Желтый
IV (слабая)	4–5	Участки гидравлической добычи торфа с признаками эрозии и заболачивания	Зеленый
V (отсутствует)	Менее 4	Затопленные или подтопленные фрезерные поля	Синий

никновения и распространения пожаров и их интенсивности;

2) способ разработки торфяного месторождения является фактором пожароопасности. Влияние способа добычи торфа уменьшается соответственно от фрезерного к машиноформовочному, гидравлическому и резному (подробнее в табл. 1);

3) окрайки выработанных торфяных месторождений или площадь между нулевой и промышленной границей не разрабатывались. В этой связи коэффициент ($К_{пож}$), равный отношению площади в нулевой границе к площади в промышленных границах, показывает долю этих окраек. Обычно они зарастают лесом высокого бонитета, что увеличивает степень их пожароопасности. Поэтому окрайки входят в площади участков оценки их пожароопасности, но они не являются частью прямого использования торфяников;

4) наличие на выработанных месторождениях торфяного сырья (штабели, гурты), не вывезенного по разным причинам, повышает пожароопасность торфяников;

5) наличие на торфяных месторождениях населенных мест, производств иной, кроме торфа, продукции, федеральных и региональных автомобильных и железных дорог, являющихся дополнительным источников возгораний;

6) отсутствие в рабочем состоянии противопожарных сооружений (каналов, прудов, водоводов, шлюзов и пр.) следует считать дополнительным фактором, повышающим пожароопасность;

7) сохранение работающей осушительной сети, не позволяющей поднять уровень грунтовых вод к торфяной поверхности;

8) сохранность коммуникаций, построенных при эксплуатации торфяных месторождений, позволяет легко проникать на большую часть выработанного месторождения людям (с использованием автотранспорта), являющихся основным фактором возникновения пожаров;

9) принадлежность земель: расположение торфяника на землях ГЛФ повышает опасность перехода торфяного пожара в низовой или верховой лесной пожар. При расположении опасного объекта на землях сельскохозяйственного назначения следует учитывать близкое расположение населенных пунктов. В этом случае торфяной пожар может перейти в низовой травяной и достичь населенных пунктов.

Выработанные торфяные месторождения

По состоянию на 01.01.1996 г. в Тверской области находилось 81 выработанное торфяное месторождение [1, 3]. После 1996 года добыча торфа велась в малых объемах силами частных инвесторов и вновь выработанных торфяных месторождений не образовалось. Общая площадь выработанных торфяных месторождений составляет 17835,2 га (табл. 3). Из них наибольшее внимание привлекают 22 месторождения, на которых пожары наиболее вероятны.

Для Тверской области характерно неравномерное географическое распределение числа и выработанных торфяных площадей. Наибольшее число выработанных месторождений приходится на Калининский (9), Кимрский (7), Кувшиновский (5) районы. Среди крупных выработанных торфяных месторождений сле-

Таблица 3. Выработанные торфяные месторождения Тверской области

Table 3. Peat deposits in the Tver region, where the extraction of peat has been completed

Торфяные месторождения	Общее число т. м.	Общая площадь в нулевой границе, га
Всего	81	17 835,2
В т. ч.: группа А – земли ЛФ	5	1073 (от 14 до 423)
Группа Б – земли сельскохозяйственного назначения	76	16 762,2 (от 2.4 до 6598)

дует выделить Васильевский Мох (6598 га), Кулицкий Мох (1656 га), Мельшня (1218 га), Дмитровско-Черкасское (897 га) Калининского района, Осиновая Гряда (878 га) Лихославльского района [4].

Наибольшее число выработанных торфяных месторождений имеют площадь от 10 до 100 га (55,6%). Однако доля их общей площади составляет лишь 8,1%. На долю четырех крупных (более 1000 га) выработанных месторождений приходится 60,0% от общих выработанных площадей.

В фонде выработанных торфяных месторождений преобладают торфяники, представленные в исходном залегании низинным типом залежи. На 57 (70,4%) месторождениях низинного типа приходится площадь 4,1 тыс. га (23,0%). Наибольшее число низинных выработанных месторождений сосредоточено в Мологском (20), Калининском (10) торфяно-болотных районах. Наибольшая доля выработанных площадей (61,8%) приходится на разнотипные в естественном состоянии месторождения. Географически разнотипные выработанные месторождения размещены в Калининском и Лихославльском торфяно-болотных районах. Среди выработанных месторождений 10 (3,6%) относятся к верховому типу. Площадь верховых массивов составляет около 2717 га (15,2%). Знание предыстории выработанных торфяных месторождений необходимо для планирования их рационального использования.

В настоящее время выработанные площади торфяных месторождений вновь заболачиваются, используются под сельскохозяйственные угодья, лесопосадки, охотничьи хозяйства и для строительства водохранилищ. Выработанные торфяные площади интенсивно используются вблизи города Тверь под садоводство и огородничество. Перспективным видом использования торфяников Тверской области является их искусственное восстановление (реставрация, вторичное заболачивание).

К пожароопасным выработанным торфяным месторождениям отнесены 22 объекта с площадью более 100 га в нулевой границе торфяной залежи.

Ранее разрабатываемые торфяные месторождения

Добыча торфа велась и/или ведется на 352 торфяных месторождениях [4]. Потенциально пожароопасными торфяными месторождениями является 141 объект с площадью в границах нулевой залежи более 100 га. При этом в группу А выделены торфяные месторождения, разрабатываемые промышленностью и расположенные в ГЛФ, в группу Б – разрабатываемые промышленностью и расположенные на землях сельскохозяйственного назначения, в группу С – разрабатываемые сельских хозяйством и местными организациями площадью более 100 га (табл. 4). На таких месторождениях сохранилась работающая осушительная сеть, поля добычи торфа. Такие месторождения хорошо дешифрируются по аэро- и космическим снимкам. Задача заключается в установлении на каждом торфяном месторождении границ участков, находящихся в нарушенном состоянии, самообводненных, лесоосушения, застройки, границ лицензионных участков добычи торфа, границ проведенного искусственного обводнения, а также границ участков, требующих осуществления противопожарных мероприятий.

В разрабатываемом фонде преобладают пожароопасные торфяные месторождения, разрабатываемые сельским хозяйством (табл. 4). На их долю приходится 57,4% от общего числа разрабатываемых торфяных месторождений. Однако общая площадь торфяных месторождений, разрабатываемых сельским хозяйством, составляет 35913 га или 20,4% общей разрабатываемой площади.

Промышленные торфяные предприятия организовывались в основном на крупных сырьевых базах. Число ранее разрабатываемых промышленностью торфяных месторождений, расположенных в государственном лесном фонде, составляет 41 при общей площади 114 239 га, что составляет 64,8% от общей площади разрабатываемых торфяных месторож-

Таблица 4. Пожароопасные торфяные месторождения, разрабатываемые промышленностью и сельским хозяйством

Table 4. Peat deposits developed by agriculture and industry

Освоение т. м.	Кол-во т. м.	Процент от общего числа т. м.	Площадь в нулевой границе, га	Процент общей площади, разрабатываемых т. м.
Всего	141	100	176 278	100
Группа А Торфяные месторождения, разрабатываемые промышленностью, расположенные в ГЛФ	41	29,1	114 239	64,8
Группа Б Торфяные месторождения, разрабатываемые промышленностью и расположенные на землях сельскохозяйственного назначения	19	13,5	26 126	14,8
Группа С Торфяные месторождения, разрабатываемые сельским хозяйством и местными организациями площадью более 100 га	81	57,4	35 913	20,4

дений. На долю 37 крупных торфяных месторождений площадью более 1000 га приходится площадь 131 511 га или 74,6%.

По данным инвентаризации 2021 г. получены следующие показатели состояния торфяников (табл. 5).

Данные табл. 5 показывают, что на долю 34 ранее разрабатываемого торфяного месторождения, расположенного в ГЛФ, приходится 49,8% всех подлежащих обводнению площадей. Такие торфяные месторождения в количестве 34, а также 18 выработанных торфяных месторождений с площадью более 100 га, в том числе 3 крупных выработанных (Кулицкий Мох, Васильевский Мох, Мельшня) торфяных месторождений с площадью более 1000 га каждое и должны стать первоочередными объектами обводнения.

Таким образом, инвентаризация торфяников Тверской области позволила установить:

1) первичная информация о пожароопасных торфяниках, полученная по фондовым матери-

Таблица 5. Сводная ведомость площадей выработанных и разрабатываемых пожароопасных торфяных месторождений Тверской области по данным 2021 г.

Table 5. Summary statement of the areas of developed fire-hazardous peat deposits being in the Tver region 2021 y.

Торфяные месторождения	Общее число/ требующих обводнения т. м.	Площадь в нулевой границе, га	Площадь использования за весь период эксплуатации, га	Площадь в состоянии самообводнения и повторного обводнения, га	Площадь в хозяйственном использовании, неподлежащая обводнению, га	Площадь, подлежащая обводнению, га
Выработанные	**22/18**	**16 198**	**13 169,6**	**6356,8**	**2854,2**	**6099,6**
В т. ч. Группа А – на землях ГЛФ	3	1411	1092,7	347	488	569,8
Группа Б – на землях сельскохозяйственного назначения	19/15	14 787	12 076,9	6009,8	2366,2	5529,8
Разрабатываемые торфяные месторождения	**141/119**	**176 278**	**66 626,9**	**30 940,2**	**11 786,9**	**41 235**
В том числе Группа А – разрабатываемые промышленностью на землях ГЛФ	41/34	114 239	43 927,9	19 889,7	7819,9	23 562,5
Группа Б – разрабатываемые промышленностью на землях сельскохозяйственного назначения	19/17	26 126	12 844,1	8255,5	766,1	9479,2
Группа С – разрабатываемые сельским хозяйством и местными организациями площадью более 100 га	81/68	35 913	9854,9	2795	3200,9	8211,3
ИТОГО	**163/137**	**192 476**	**79 796,5**	**37 297**	**14 641,1**	47 334,6

алам, не отражает реального состояния торфяников и не позволяет выполнить объективное планирование мер по снижению их пожароопасности;

2) существенным признаком «осушенных» торфяников является разница между их нулевой границей и площадью освоения (осушения). Разница составляет более 110 тыс. га. То есть из формальных 192,5 тыс. га площадей освоенных торфяников 112,7 тыс. га или более половины «нарушенных» площадей не затронуты прямым техногенным воздействием. К этим территориям в основном относятся участки естественные и подсушенные окрайки;

3) структура осушенных торфяников имеет сложное строение и требует деления каждого торфяника на участки по их функциональному значению; торфяник в целом может относится к сельхозугодьям, а отдельные участки в ГЛФ, населенным пунктам и др. категориям земель; торфяник может быть в группе разрабатываемых, но площадь, затронутая воздействием, может составлять 5–10% от общей;

4) пожароопасный торфяник или его участок может быть в трех основных состояниях: *а* – осушенный и горимый без проведения каких-либо мероприятий по снижению его пожароопасности, *б* – обводненный и частично горимый в связи с длительным процессом насыщения влагой торфа, *в* – участок, который обводнить невозможно или недопустимо, но являющийся пожароопасным;

5) в результате пожароопасными считаются отдельные участки на осушенных торфяниках, требующие изысканий и проектирования мер обводнения для снижения их пожароопасности, соответственно обводнению подлежат отдельные участки торфяников, некоторые из которых по разным причинам обводнять нецелесообразно, что также уменьшает суммарную площадь их обводнения;

6) на данный момент в области искусственно обводнено 15,7 тыс. га на 11 торфяниках;

7) значительная часть суммарной площади (21,8 тыс. га) торфяников находится в состоянии самообводнения и не требует дополнительных мер по снижению их пожароопасности; частично включены окрайки;

8) сельхозугодья и лесоразведение, для которых было выполнено специальное осушение, на данный момент занимают соответственно: 2,5 и 4,6 тыс. га;

9) всего в состоянии использования находится площадь 14,7 тыс. га, к которым применимо понятие адаптации в условиях изменения климата;

10) наибольшая часть осушенных суммарных площадей (47,4 тыс. га) торфяников находится в пожароопасном состоянии и подлежит обводнению; они частично включают площадь окраек;

11) из группы выработанных торфяников мероприятия по обводнению требуются на участках 18 объектов; на четырех участках обводнение запроектировано, осуществлено недопустимо или невозможно;

12) из группы разрабатываемых пожароопасных торфяных месторождений (141) обводнение требуется на участках 119 торфяников; на 22 участках обводнение запроектировано, осуществлено, недопустимо или невозможно;

13) всего пожароопасных торфяников, для которых необходимо или возможно обводнение – 137;

14) преобладают размеры участков до 100 га; их доля составляет 43,1% (59 участков из 137); на долю участков от 100 до 500 га приходится 41,6% (57), от 500 до 1000 га – 9,5% (13), на долю участков свыше 1000 га приходится 5,8% (8).

Работа выполнена при поддержке проекта «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата», финансируемого в рамках Международной инициативы по защите климата Федеральным министерством окружающей среды, охраны природы и ядерной безопасности Федеративной Республики Германия и управляемого через Германский банк развития KfW (грант WWF001618/RU005653/GLM Всемирного фонда природы).

Библиографический список

1. *Женихов Ю.Н.* Пожароопасные торфяные месторождения Тверской области [Текст]: монография / Ю.Н. Женихов, В.В. Панов, В.И. Суворов. – Тверь: ТГТУ, 2011. – 80 с.
2. Природные условия и возможности хозяйственного использования торфокарьерных площадей. – М., 1968. – 164 с.
3. Торфяные месторождения Калининской области (по состоянию разведанности на 1 января 1973 г.) книга 1–2. – М.: Мингео РСФСР, 1974. – 782 с.
4. *Женихов Ю.Н.* Геоэкологические основы рационального использования торфяно-болотных ресурсов Верхневолжского региона: автореф. дис. … д. т. н. – Тверь, 2000.

УДК 622.331.002.5

Гусева А.М.

Гусева Анна Михайловна, к. т. н., доцент кафедры технологических машин и оборудования Тверского государственного технического университета. 170023, Тверь. Академическая, 12, guseva_ann@mail.ru

Яблонев А.Л.

Яблонев Александр Львович, д. т. н., зав. кафедрой гидравлики, теплотехники и гидропривода Тверского государственного технического университета. 170023 Тверь. Академическая, 12, alvovich@mail.ru

ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА КУСКОВОГО ТОРФА

Аннотация. Оперативная оценка качества кускового торфа в технологическом процессе является актуальной задачей. Представлены конструкция стенда для реализации разрушающей нагрузки и методика определения изгибной прочности с обоснованием конструктивных особенностей устройства стенда. Данный вариант исполнения конструкции стенда позволяет проводить испытания на изгибную прочность кускового торфа, максимально приближенные к реальным.

Ключевые слова: кусковой торф, изгибная прочность, испытания, деформации.

Guseva A.M.

Guseva Anna M., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Chair of Technological Machines and Equipment of the Tver State Technical University. Tver, Academicheskaya, 12, guseva_ann@mail.ru

Yablonev A.L.

Yablonev Aleksandr L., Dr. sc., Prof., Head of the Chair of Hydraulics, Heat Engineering and Hydraulic Drive, Tver State Technical University. Tver, Academicheskaya, 12, alvovich@mail.ru

EQUIPMENT AND PROCEDURE FOR DETERMINING THE QUALITY OF SOD PEAT

Abstract. Rapid assessment of the quality of sod peat in the technological process is an urgent task. The design of the stand for the implementation of the breaking load and the method for determining the bending strength with the substantiation of the design features of the stand device are presented. This version of the design of the stand allows testing the bending strength of sod peat products under conditions as close as possible to real ones.

Key words: sod peat, bending strength, testing, deformation.

Производство кускового торфа в энергетических целях в настоящее время набирает темпы. Прочность кускового торфа – характеристика, дающая представление о его качестве и сохранности в процессе производства и транспортирования. Анализ существующего уровня техники и технологии показал, что в настоящее время получили распространение два способа оценки прочности формованной торфяной продукции: определение механической прочности кускового торфа или брикета путем испытания во вращающемся барабане по крошимости кусков, обусловливающей, соответственно, относительную механическую прочность и испытание формованного торфа на изгиб на гидравлическом прессе [1, 2].

Большинство операций по производству кускового торфа после его формования (ворочка, валкование, переукладка валков, уборка) связано с изгибными деформациями куска, поэтому испытания на изгиб являются наиболее информативными. Использование гидравлического пресса имеет ряд недостатков: не позволяет исключить из испытаний на прочность динамические нагрузки и обеспечить возможность регулирования скорости движения штока гидроцилиндра (для предотвращения удара) в случае его гидропривода, а также зависимость качества получаемых результатов от давления жидкости.

С целью минимизации влияния на испытания вышеуказанных факторов и обеспечения возможности оперативного контроля качества продукции разработана и создана конструкция стенда для испытания образцов на прочность с ручным многоступенчатым приводом, преобразующим вращательное движение штурвала в поступательное конического наконечника (рис. 1) [3–5].

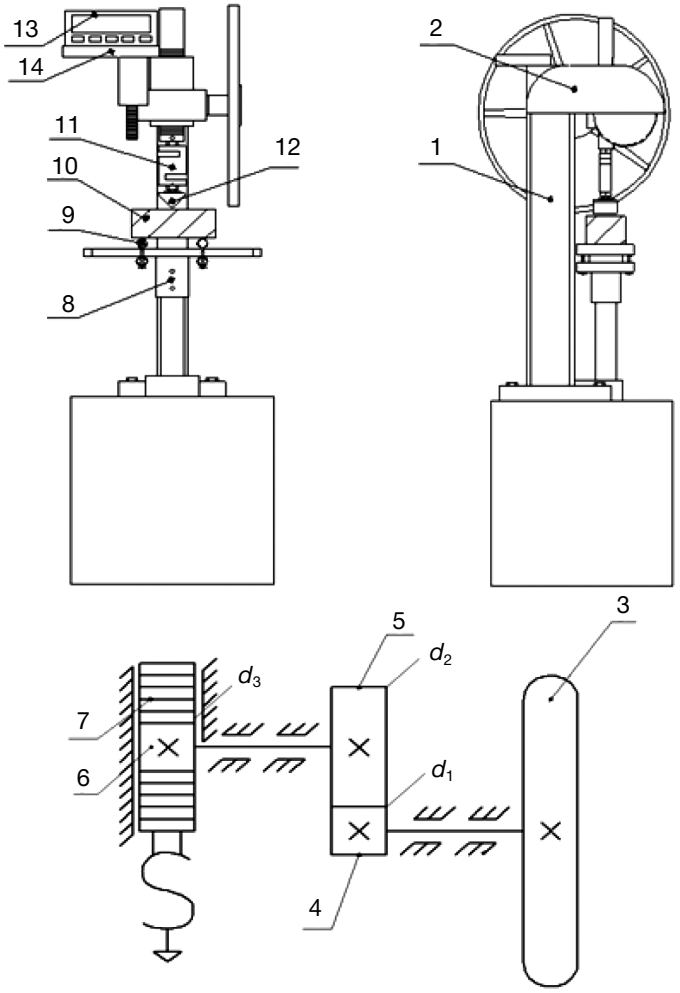


Рис. 1. Устройство и кинематическая схема стенда для реализации разрушающей нагрузки и контроля изгибной прочности формованной торфяной продукции

Fig. 1. Device and mechanical scheme of the bench to create the breaking load and to control flexural strength of molded peat products

Стенд для реализации и измерения разрушающей нагрузки включает станину 1, кожух 2, закрывающий механический привод, включающий штурвал 3 диаметром 430 мм, соединенный через шестерню 4, зубчатое колесо 5, и шестерню 6 с вертикально расположенной зубчатой рейкой 7, столик 8 с установочными опорами 9 для крепления испытываемого образца 10, а также узел измерения разрушающей нагрузки. Узел измерения нагрузки выполнен в виде тензометрической *S*-образной скобы 11 с коническим наконечником 12 и закреплен на зубчатой рейке 7. Тензометрическая скоба 11 соединена с цифровым динамометром ДОУ-3-1И 13, установленным на столике 14 и имеющим верхний предел измерений 1 кН.

Испытания формованной торфяной продукции проводятся на стенде следующим образом. Испытываемый образец брикета или кускового торфа 10 располагают на установочные опоры 9 столика 8 и вращают штурвал 3, приводящий в движение механический привод, в результате которого перемещается зубчатая рейка 7 с установленной на ней тензометрической скобой 11 и коническим наконечником 12. В результате конический наконечник 12 внедряется в испытываемый образец 10 и происходит деформирование тензометрической скобы 11. При этом электрический сигнал поступает от тензометрической скобы 11 в цифровой динамометр по кабелю. Цифровой динамометр 13 работает в двух режимах: дискретной фиксации нагрузки и фиксации максимального усилия. При втором варианте цифровой динамометр 13 запоминает максимальную нагрузку, действующую на конический наконечник 12 при разрушении образца, и отражает его на цифровом дисплее [3, 6].

Конструкция механического привода с многоступенчатым зубчатым зацеплением позволяет обеспечить плавное создание разрушающей нагрузки с коэффициентом усиления до 500, в результате чего отпадает необходимость приложения больших усилий к штурвалу.

Выполнение установочных опор регулирующимися позволяет проводить испытания образцов различной формы и размеров, длиной испытываемой части от 75 до 300 мм, а шириной и высотой от 1 до 130 мм. Исполнение поверхности базирующих установочных опор и конического наконечника в виде поверхностей с радиусом постоянной кривизны снижает риск скалывания и развития трещин, моделирует реальные условия нагружения, а следовательно повышает качество получаемых результатов.

Силовая схема создания нагрузки стендом и эпюра изгибающих моментов представлены на рис. 2.

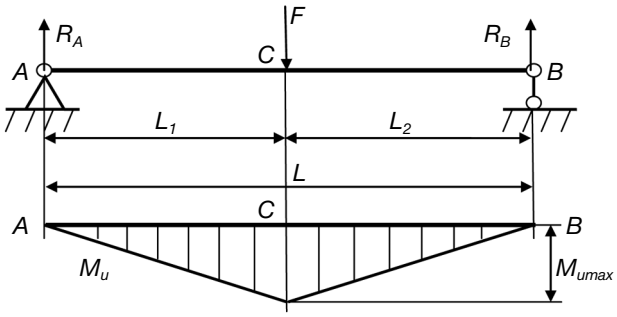


Рис. 2. Силовая схема создания нагрузки и эпюра изгибающих моментов

Fig. 2. Force diagram for load generation and bending moment diagram

Приложенная в центре испытываемого на изгиб образца нагрузка F (Н) вызывает равные реакции установочных опор при условии равенства расстояний L_1 и L_2 (м):

$$R_A = R_B = \frac{1}{2}F. \quad (1)$$

Изгибающий момент (Н·м), действующий по всей длине образца, имеет максимальное значение в точке C (точке приложения нагрузки) и определяется по формуле:

$$M_{u\max} = R_A \frac{L}{2} = \frac{1}{2}F\frac{L}{2} = \frac{FL}{4}. \quad (2)$$

Прочность образца на изгиб (Па) в наиболее нагруженной точке может быть определена, как отношение максимального изгибающего момента, действующего в сечении к моменту сопротивления образца изгибу W_x (м^3):

$$\sigma_u = \frac{M_{u\max}}{W_x}. \quad (3)$$

Зная, что момент сопротивления круглого образца определяется по зависимости:

$$W_{x\text{кр}} = \frac{\pi d_o^3}{32}, \quad (4)$$

где d_o – наружный диаметр образца (м),

а момент сопротивления прямоугольного образца определяется по формуле:

$$W_{x\text{пр}} = \frac{bh^2}{6}, \quad (5)$$

где b и h – ширина и высота сечения образца (м) соответственно [7], можно получить конечные формулы для вычисления изгибающих напряжений $\sigma_{\text{икр}}$ и $\sigma_{\text{ипр}}$ соответственно, для круглых и прямоугольных образцов формованной торфяной продукции с учетом зависимостей (4) и (5):

$$\sigma_{u\text{кр}} = \frac{8FL}{\pi d_o^3}, \quad (6)$$

$$\sigma_{u\text{пр}} = \frac{1{,}5FL}{bh^2}. \quad (7)$$

Формулы (6) и (7) при испытании образцов на изгиб учитывают и расстояние между установочными опорами (L), и форму сечения кускового торфа или брикета.

Таким образом, для испытания образцов формованной торфяной продукции на прочность с помощью описанного выше стенда (рис. 3) следует: измерить геометрические характеристики сечения испытываемого образца; выставить необходимое расстояние между установочными опорами; включить цифровой динамометр, дав ему прогреться в течение 10 мин, обнулить показания и перевести в режим фиксации максимального значения разрушающей нагрузки; поместить на установочные опоры стенда испытываемый образец; штурвалом подвести конический наконечник стенда к образцу; медленно вращая штурвал, довести нагрузку до максимального значения, при которой образец разрушается; занести в журнал наблюдений зафиксированное на цифровом динамометре значение максимальной нагрузки F; определить по формулам (6) или (7) прочность образца; эксперимент повторить 5–6 раз на однотипных образцах для достижения корректности результатов.

Сохранение формы кускового торфа в технологическом процессе и последующей транспортировке обеспечивается изгибной прочностью, оперативное определение которой дает представление о качестве полученного торфяного топлива. Предлагаемые стенд и методика определения изгибной прочности позволяют создавать режимы нагружения, близкие к существующим в реальных условиях, а значит корректно оценивать качество получаемого кускового торфяного топлива, а при необходимости и возможнос-

Рис. 3. Испытание на изгибную прочность образцов кускового торфа круглого сечения

Fig. 3. Test of bending strength of sod peat samples of circular cross-section

ти оперативно изменять параметры добывающих агрегатов и режимы их работы для обеспечения требуемой стандартом изгибной прочности кускового торфа, с одной стороны, и достижения минимума энергозатрат и других технологических показателей, с другой.

Библиографический список

1. *Семенский Е.П.* Технический анализ торфа / Е.П. Семенский. – М.: Недра, 1966. – 232 с.
2. *Булынко М.Г.* Брикетирование торфа / М.Г. Булынко, В.Н. Иванов, М.И. Сарматов. – М.: Госэнергоиздат, 1962. – 303 с.
3. Пат. RUS 2696070, 07.12.2018. Устройство для создания и измерения разрушающей нагрузки / Яблонев А.Л., Гусева А.М., Жуков Н.М. Опубл. 30.07.2019, Бюл. № 22.
4. *Яблонев А.Л.* Методика и оборудование для испытания на прочность кускового торфа / А.Л. Яблонев, А.М. Гусева // Горное оборудование и электромеханика. – 2018. – № 6 (140). – С. 26–33. DOI: 10/26730/1816-4528-2018-6-26-33.
5. *Яблонев А.Л.* Определение прочности на изгиб формованной торфяной продукции / А.Л. Яблонев, А.М. Гусева // Вестник ТвГТУ. Серия «Технические науки». – 2019. – № 3 (3). – С. 47–55.
6. *Яблонев А.Л.* Механическое оборудование для испытания на прочность кускового торфа/ А.Л. Яблонев, А.М. Гусева // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Сборник трудов XVIII международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека». – Екатеринбург, 2020. – С. 84–87.
7. *Степин П.А.* Сопротивление материалов / П.А. Степин. – М.: Высшая школа, 1988. – 367 с.

УДК 629.113

Петров А.А.

Петров Александр Александрович, конструктор-изобретатель болотно-шагающих технологических машин, внештатный научный сотрудник кафедры технологических машин и оборудования Тверского государственного технического университета. tverotk@mail.ru

Зюзин Б.Ф.

Зюзин Борис Федорович, д. т. н., проф., заведующий кафедрой технологических машин и оборудования Тверского государственного технического университета. zbfru@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ОПОР ШАГАЮЩЕЙ БОЛОТОХОДНОЙ МАШИНЫ НА ПОВОРОТЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ МОМЕНТОВ ВКЛЮЧЕНИЯ И ВЫКЛЮЧЕНИЯ ПРИВОДА ИХ ПОВОРОТА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Аннотация. Управление серийными образцами шагающих болотоходных машин типа БШМ и БШМ-1 при их передвижении на повороте происходит за счет работы гидравлического привода от силового цилиндра поворота. Включение и выключение силового цилиндра поворота выполняется машинистом вручную путем переключения золотника гидрораспределителя рукояткой дважды на каждом шаге опор. Такое управление имеет ряд недостатков, оно сложно, утомительно для машиниста и выполняется несвоевременно. При этом происходит неполный поворот опор, увеличивается радиус поворота, уменьшается поворотливость и проходимость шагающих болотоходных машин на повороте. В работе приведены исследования процесса передвижения опор шагающей болотоходной машины

Petrov A.A.

Petrov Alexander A., designer and inventor of mire-walking technological machines, freelance researcher at the Chair of Technological Machines and Equipment of the Tver State Technical University. tverotk@mail.ru

Zyuzin B.F.

Zyuzin Boris F., Dr. Sc., Prof., Head of the Chair of Technological Machines and Equipment of the Tver State Technical University. zbfru@yandex.ru

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF MOVEMENT OF THE SUPPORTS OF A MIRE-WALKING MACHINE ON A TURN AND DETERMINATION OF THE OPTIMAL MOMENTS OF SWITCHING ON AND OFF THE DRIVE OF THEIR ROTATION FOR AUTOMATIC CONTROL

Abstract. The control of serial samples of mire-walking machines of the БШМ and БШМ-1 type during their movement on the turn is due to the operation of a hydraulic drive from the power cylinder of the turn. Turning the power cylinder on and off is performed manually by the driver by switching the valve spool with the handle twice at each step of the supports. Such management has a number of disadvantages, it is difficult, tedious for the driver and is performed uncharacteristically-temporarily. At the same time, there is an incomplete turn of the supports, the radius of the turn increases, and the turnability and cross-country ability of walking swamp-walking vehicles on the turn decreases. The paper presents studies of the process of moving the supports of a walking marsh-walking machine on a turn, substantiates the optimal moments of switching

на повороте, обоснованы оптимальные моменты включения и выключения привода поворота опор и разработаны предпосылки для автоматического управления поворотом. Применение автоматического управления устранит недостатки ручного управления и повысит эффективность процесса поворота и проходимость шагающей машины на повороте в условиях неосушенных торфяных болот.

Ключевые слова: болотоходная шагающая машина, передвижение на повороте, силовой цилиндр поворота, поворот опор, поворотливость, ручное управление, автоматическое управление, неосушенные торфяные болота.

on and off the drive for turning the supports, and develops the prerequisites for automatic turn control. The use of automatic control will eliminate the disadvantages of manual control and increase the efficiency of the turning process.

Key words: mire-walking machine, movement on a turn, power cylinder of a turn, turn of supports, turnability, manual control, automatic control, not drained peat bogs.

С 1975 года на кафедре «Торфяные машины и комплексы» Калининского политехнического института впервые в России и за рубежом были начаты научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке высокопроходимой болотоходной машины с принципиально новым движителем шагающего типа [1]. Тема работы по созданию шагающей болотоходной машины была включена в подпрограмму «Торфяные ресурсы Сибири и их комплексное использование» региональной научно-исследовательской программы «Сибирь» – новой долговременной программы по освоению производительных сил Западной Сибири.

Результатом этих работ стало создание ряда экспериментальных и опытно-промышленных образцов высокопроходимых шагающих болотоходных машин [2–5].

Изучение физико-механических свойств неосушенной торфяной залежи и проходимости болотоходных машин с различными типами движителей, в том числе и шагающими, позволило выработать специальные требования, предъявляемые к болотоходной технике, предназначенной для передвижения и работы в рассматриваемых условиях.

Среди них главное место занимает требование проходимости, а среди свойств проходимости не последнее место занимает требование поворотливости, характеризуемое минимальным или наименьшим радиусом поворота. Чем меньше радиус поворота машины, тем выше ее поворотливость и выше проходимость при передвижении на повороте.

Для управления поворотом шагающей болотоходной машины применен гидравлический привод, который показал надежность работы в процессе длительного периода эксплуатации. В состав такого привода в соответствии с гидравлической схемой входит однозолотниковый трехпозиционный гидрораспределитель 1, который с помощью трубопроводов соединен с насосом 2 и силовым цилиндром 3 поворота опор (рис. 1).

Гидравлическая схема включает в себя также сливной фильтр 4 и гидробак 5. Золотник гидрораспределителя 1 имеет три положения. Если золотник находится в среднем положении, то при вращении гидронасоса 2 от силовой установки рабочая жидкость не поступает к силовому цилиндру 3 управления поворотом опор, а идет на слив в гидробак 5 через предохранительный клапан, встроенный в корпус гидрораспределителя 1.

При этом не происходит поворота опор, и шагающая болотоходная машина движется в прямом направлении.

При перемещении машинистом рычага гидрораспределителя 1 в ту или иную сторону происходит переключение его золотника в соответствующее положение, при котором рабочая жидкость от гидронасоса 2 поступает в штоковую или поршневую полость силового цилиндра 3 управления поворотом опор, в результате чего происходит поворот средней опоры или боковых опор в ту или иную сторону.

В связи с тем, что привод на среднюю опору смещен относительно привода на боковые опоры на *180°*, то в процессе шагания болотоходной машины его средняя опора перемещается в противофазе относительно сдвоенных боковых опор. Поворот боковых опор происходит за счет выдвижения (задвижения) штока

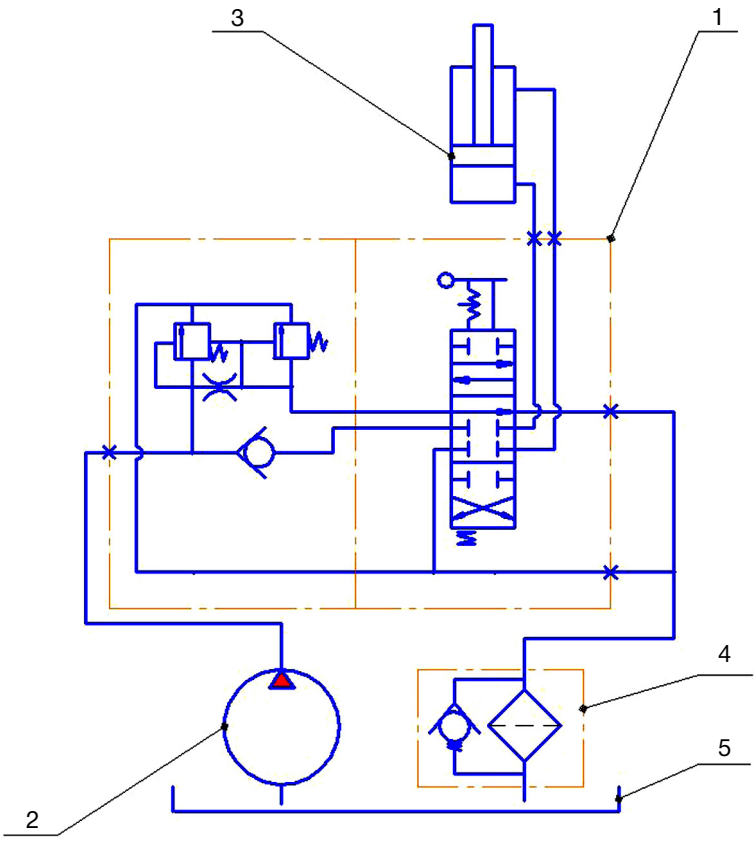


Рис. 1. Гидравлическая схема управления поворотом шагающей болотоходной машины с ручным переключением золотника гидрораспределителя: 1 – гидрораспределитель, установленный в кабине; 2 – гидронасос силовой установки; 3 – силовой цилиндр управления поворотом опор; 4 – фильтр сливной; 5 – гидробак

Fig. 1. Hydraulic control scheme for turning a mire-walking machine with manual switching of the hydraulic valve spool: 1 – hydraulic distributor installed in the cab; 2 – hydraulic pump of the power plant; 3 – power cylinder for controlling the rotation of the supports; 4 – drain filter; 5 – hydraulic tank

силового цилиндра 3 в процессе их переноса на катках по направляющим при неподвижной средней опоре. Боковые опоры в процессе переноса выполняют сложное движение, включающее в себя передвижение относительно корпуса (в относительном движении) и передвижение вместе с корпусом (в переносном движении). Поворот средней опоры происходит аналогично боковым опорам за счет выдвижения (задвижения) штока силового цилиндра 3 в процессе ее переноса на катках по направляющим при неподвижных боковых опорах. Средняя опора, как и боковые, также выполняет сложное движение, включающее в себя передвижение относительно корпуса (в относительном движении) и передвижение вместе с корпусом (в переносном движении). При повороте средняя опора и боковые опоры выполняют помимо указанных выше движений еще и поворот. Таким образом, в процессе поворота опоры участвуют сразу в трех движениях.

При работе силового цилиндра поворота происходит поворот только той опоры, которая приподнята относительно грунта. При этом направление поворота приподнятой опоры в ту или иную сторону будет зависеть от того, в какую сторону движется управляемый золотником шток силового цилиндра, на выдвижение или на задвижение. Если в процессе поворота на первом шаге рычаг гидрораспределителя включен в какую-то одну сторону, то для продолжения поворота в ту же сторону на втором шаге необходимо произвести переключение рычага гидрораспределителя в противоположную сторону. При использовании в гидравлической схеме машины поворота опор от гидроруля силовой установки вместо золотника гидрораспределителя, управление поворотом остается ручным, не становится проще.

На основании вышеизложенного управление поворотом опор машинист должен производить рычагом гидрораспределителя, поочередно перемещая им золотник на каждом шаге опор то в одну, то в другую сторону, полностью задействуя при этом одну руку.

Следует отметить, что и в настоящее время конструкция механизма поворота опор никакого принципиального изменения не претерпела на современных серийных шагающих болотоходных машинах типа *БШМ* и *БШМ-1*, которые нашли свое применение преимущественно в Западной Сибири при устранении нефтяных загрязнений на топких болотах, непроходимых для любой другой вездеходной техники [6–10].

Управление силовым цилиндром поворота современных шагающих болотоходных машин по-прежнему осуществляется вручную.

Глубокие исследования процесса передвижения шагающей болотоходной машины на повороте не проводились, кроме ранее выполненных исследований в Калининском политехническом институте по определению зависимости радиуса поворота от конструктивных параметров шагающего движителя и коэффициента его буксования [11]. Между тем, ручное управление поворотом опор имеет ряд недостатков. Оно сложно, утомительно, требует постоянного внимания, выполняется в условиях ограниченной видимости и, что самое главное, несвоевременно. При повороте машинист вручную на каждом шаге рукоятью гидрораспределителя производит включение золотника поворота в предположении, что опоры уже приподнялись относительно грунта, а также на каждом шаге производит выключение золотника для прекращения поворота опор в предположении, что они уже завершили перемещение и начали опускаться на грунт. Поворот опор в таких условиях не может выполняться своевременно. Происходит раннее или позднее включение поворота, а также раннее или позднее его выключение. При несвоевременном включении и выключении привода поворота опор выполняется неполный их поворот. Также происходит сдвиг грунта опорами при их повороте или так называемый бульдозерный эффект. Следствием неполного поворота опор является увеличение радиуса поворота болотоходной шагающей машины и снижение ее поворотливости и проходимости. А «бульдозерный эффект» приводит к повышению сопротивления повороту опор и увеличению затрат энергии на их поворот, что приводит к снижению эффективности процесса поворота.

К приведенным выше недостаткам ручного управления поворотом опор следует отнести отсутствие критерия точного положения опор, при котором должны выполняться команды на включение и выключение золотника гидрораспределителя. Для устранения указанных выше недостатков по управлению шагающей болотоходной машиной на повороте требуется разработка и внедрение в ее конструкцию автоматической системы управления. Эта система должна производить включение и выключение золотника управления силовым цилиндром поворота своевременно и независимо от действий машиниста.

Критерий, по которому можно судить о моментах начала и окончания поворота опор шагающей болотоходной машиной, является положение его опор в момент окончания их подъема, а также в момент начала их опускания, определяемое положением передних и задних катков корпуса относительно передних и задних направляющих.

Прежде чем рассматривать положения опор, а также катков корпуса на направляющих опор, при которых необходимо производить управление поворотом, кратко охарактеризуем типовую принципиальную конструкцию шагающей болотоходной машины на примере шагающего болотохода *БШМ* (рис. 2).

В среднем положении средняя опора 1 шагающей машины стоит на грунте, а сдвоенные боковые опоры, правая опора 2 вместе с левой опорой находятся в приподнятом положении под углом α к поверхности грунта. Левая опора на рис. 2 условно не показана. При этом она передвигается по такой же траектории, как и правая опора 2. В рассматриваемом положении передний и задний катки 12 и 13 корпуса 11 находятся посередине передней и задней направляющих 5 и 6. На палубе средней опоры 1 параллельно установлены две пары продольных направляющих: пара передних направляющих 3, которые имеют замкнутую овальную форму и пара задних прямолинейных направляющих 4.

В дальнейшем для упрощения будем рассматривать пару передних направляющих средней опоры 1, как одну переднюю направляющую 3, и пару задних – как одну заднюю 4. Параллельно передним и задним направляющим 3 и 4 средней опоры 1 на палубе каждой

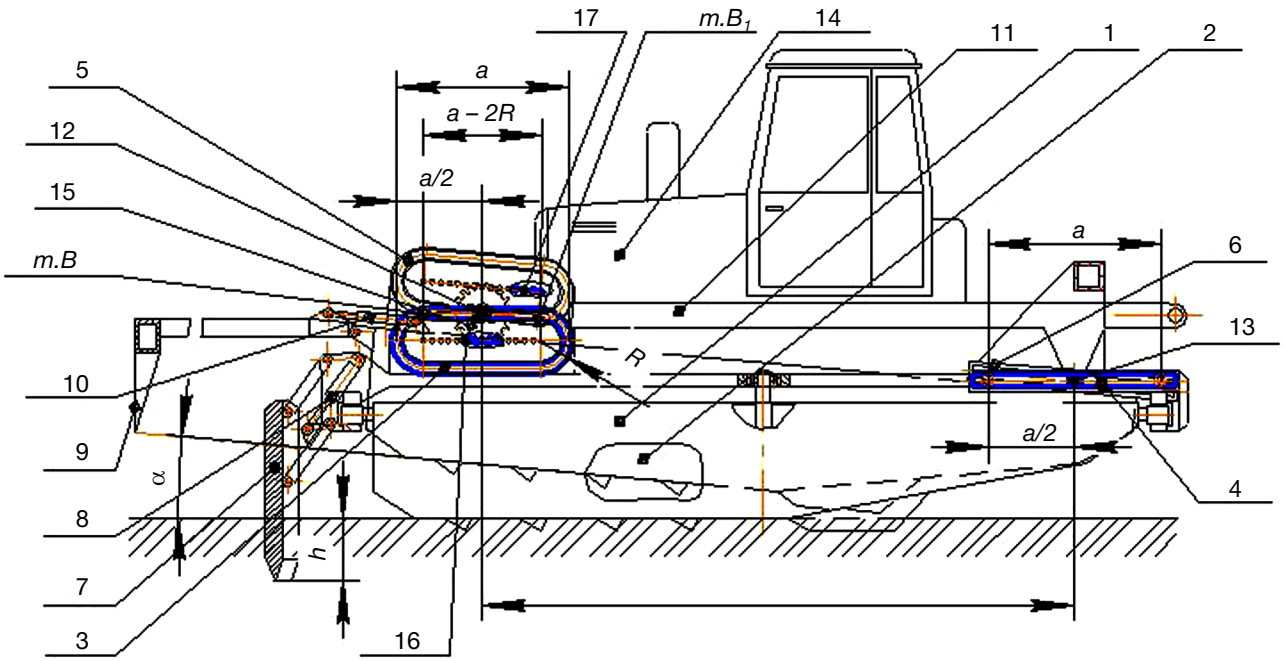


Рис. 2. Шагающий болотоход. Вид слева. Левая опора и внешний грунтозацеп подняты, средняя опора стоит на грунте, внутренний грунтозацеп опущен (заякорен). Передняя и задняя направляющие средней опоры показаны утолщенными линиями: 1 – средняя опора; 2 – правая опора; 3 – передняя направляющая средней опоры; 4 – задняя направляющая средней опоры; 5 – передняя направляющая правой опоры; 6 – задняя направляющая правой опоры; 7 – внутренний грунтозацеп; 8 – силовые цилиндры управления внутренним грунтозацепом; 9 – внешний грунтозацеп; 10 – силовые цилиндры управления внешним грунтозацепом; 11 – корпус (рама); 12 – передний каток корпуса; 13 – задний каток корпуса; 14 – силовая установка; 15 – цевочная звездочка; 16 – цевки средней опоры; 17 – цевки правой опоры

Fig. 2. Mire-walking machine. View from the left. The left support and the outer ground hitch are raised, the middle support stands on the ground, the inner ground hitch is lowered (anchored). The front and rear guides of the middle support are shown with thickened lines: 1 – middle support; 2 – right support; 3 – front guide of the middle support; 4 – rear guide of the middle support; 5 – front guide of the right support; 6 – rear guide of the right support; 7 – internal ground hook; 8 – power cylinders for controlling the internal ground hitch; 9 – external ground hitch; 10 – power cylinders for controlling the external ground hitch; 11 – housing (frame); 12 – front housing roller; 13 – rear housing roller; 14 – power plant; 15 – pinwheel sprocket; 16 – middle support pinwheels; 17 – right-hand support handguards

боковой опоры, в частности левой опоры 2, установлено по одной передней и задней направляющей 5 и 6. Передняя направляющая каждой опоры 3, 5 имеет общую длину *a*, измеряемую по траектории, описываемой центром переднего катка. Каждая передняя направляющая 3, 5 состоит из двух прямолинейных участков, верхнего ручья и нижнего ручья, имеющих длину *a – 2R*.

Верхний и нижний ручьи соединены между собой спереди и сзади в единое целое двумя криволинейными участками, передним ручьем и задним ручьем, выполненными в виде полуколец со средним радиусом *R*.

К передней торцевой части средней опоры 1 шарнирно прикреплен внутренний грунтозацеп 7. Он установлен с возможностью перемещения относительно данной опоры в вертикальной плоскости с помощью пары параллельно соединенных силовых цилиндров 8. К боковым опорам в их передней части шарнирно прикреплен внешний грунтозацеп 9 с возможностью его перемещения относительно данной опоры в вертикальной плоскости с помощью другой пары параллельно соединенных силовых цилиндров 10. Каждая опора соединена с корпусом 11 посредством параллельно установленных на нем передних и задних катков 12 и 13, первые из которых помещены в передние направляющие 3 и 5, а вторые – в задние направляющие 4 и 6 соответствующих опор 1 и 2.

Передвижение корпуса 11 по опорам 1, 2 происходит за счет работы силовой установки 14 и ее привода. Он включает в себя установленные в подшипниковых опорах корпуса 11 два приводных вала (на рис. не показаны), которые соосно установлены между передними направляющими средней и боковых опор. На концах каждого приводного вала установлены передние катки 12, помещенные в ручьи передних направляющих 3, 5, и цевочные звездочки 15, каждая из которых взаимодействуют своими зубьями с установленными в один ряд цевками 16 и 17. При этом цевки 16 установлены на средней опоре 1 в центре ее каждой передней направляющей 3, а цевки 17 – на боковых опорах 2 в центре их передних направляющих 5. Следует отметить, что корпус 11 в принятом нами среднем положении перемещается со скоростью *V* по средней опоре 1 на своих передних катках 12 по прямым ручьям передних направляющих 3 и на своих задних катках 13 по задним направляющим 4 за счет зацепления цевочных звездочек 15 с цевками 16.

Таким образом, поступательная скорость корпуса относительно грунта равна *V*. В то же время боковая опора 2 за счет привода и его цевочного зацепления 15, 17 движется относительно корпуса 11 с такой же скоростью *V*. То есть скорость поступательного движения опоры относительно грунта равна двойной скорости корпуса или 2*V*.

Длина шага между опорами теоретически равна длине передней направляющей *a* по ее центру, а полный шаг, который совершает одна опора, равен двойному шагу между опорами *2a*. Длина хода центра заднего катка при его передвижении по задней направляющей равна *a*. То есть *a* – это расстояние между крайними передним и задним положениями центра заднего катка при его возвратно-поступательном движении по задней направляющей. Для исследования процесса передвижения опор шагающей болотоходной машины на повороте и определения оптимальных моментов включения и выключения силового привода поворота приведем некоторые характерные положения ее опор как в вертикальной плоскости на виде сбоку, так и в горизонтальной плоскости на виде в плане.

Также рассмотрим положения центров передних и задних катков в процессе их передвижения по передним и задним направляющим опор.

В процессе шагания боковая опора из среднего положения передвигается в положение 1 (рис. 3), при котором центр заднего катка корпуса перемещается в т. *A* на задней направляющей средней опоры и т. A_1 на задней направляющей боковой опоры. В этом положении задний каток корпуса с центром в т. *A* не доехал по задней направляющей средней опоры до своего крайнего положения (до т. *C*) на величину *R*, а боковая опора своей задней направляющей не доехала по заднему катку до своего крайнего положения (до т. C_1) также на величину *R*.

В рассматриваемом положении передний каток корпуса проехал по верхнему ручью передней направляющей средней опоры до его

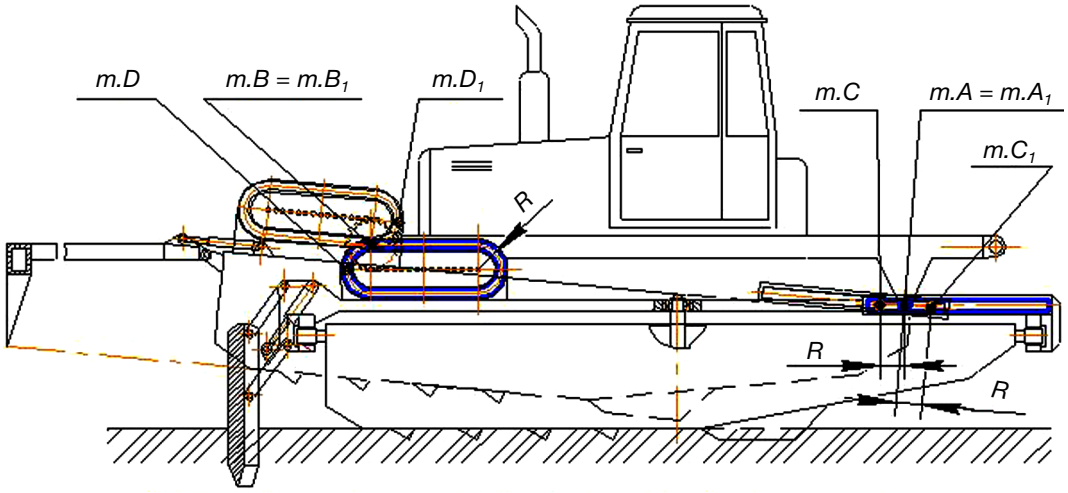


Рис. 3. Положение 1. Момент завершения перемещения боковой опоры в переднем направлении и момент начала ее опускания на грунт. Вид сбоку слева

Fig. 3. Position 1. The moment of completion of the movement of the side support in the forward direction and the moment of the beginning of its lowering to the ground. Left side view

переднего края. При этом передняя направляющая боковой опоры проехала по переднему катку своим нижним ручьем до ее заднего края, а центр переднего катка совпал с т. *B* на направляющей средней опоры и с т. B_1 на направляющей боковой опоры.

Во время передвижения боковой опоры из среднего положения в положение 1 средняя опора все время остается на грунте и воспринимает вес корпуса и вес переносимой опоры.

Положение 1 (рис. 3) соответствует моменту завершения передвижения боковой опоры в переднем направлении и моменту начала ее опускания на грунт. В этот момент золотник, управляющий поворотом боковой опоры, должен перекрыть поток рабочей жидкости к силовому цилиндру поворота боковой опоры. Должен завершиться процесс ее поворота. При этом если шток цилиндра был полностью выдвинут, то боковая опора должна полностью повернуться влево, а если задвинут, то боковая опора должна полностью повернуться вправо.

В положении 2 (рис. 4) средняя опора завершила подъем относительно грунта, а боковая опора неподвижно стоит на поверхности грунта.

Корпус передвинулся в такое положение, при котором центр его переднего катка переместился в т. *F* на передней направляющей средней опоры и в т. F_1, на передней направляющей боковой опоры.

В это время центр заднего катка корпуса совпал с т. *E* на задней направляющей средней опоры и с т. E_1 на задней направляющей боковой опоры. Задний каток удалился от переднего края задней направляющей средней опоры на величину *R* и от заднего края задней направляющей боковой опоры на величину *R*.

Положение 2 соответствует моменту начала поворота средней опоры влево или вправо. В этом положении золотник, управляющий поворотом опор, должен направить поток рабочей жидкости к силовому цилиндру для поворота средней опоры. При подаче рабочей жидкости в штоковую полость шток будет задвигаться в гильзу, и средняя опора начнет поворачиваться в одну сторону. При подаче рабочей жидкости в поршневую полость шток будет выдвигаться из гильзы, и средняя опора начнет поворачиваться в другую сторону.

В положении 3 (рис. 5) средняя опора в процессе шагания продвинулась вперед относительно катков корпуса, а корпус на своих катках переместился вперед по боковой опоре.

Корпус передвинулся в такое положение, при котором центр его переднего катка переместился в т. *K* на передней направляющей средней опоры и в т. K_1 на передней направляющей боковой опоры.

В это время центр заднего катка корпуса совпал с т. *G* на задней направляющей средней опоры и с т. G_1 на задней направляющей боковой опоры. Задняя направляющая средней опоры не доехала по заднему катку до своего крайнего положения на величину *R*. Задний каток корпуса проехал по задней направляющей боковой опоры и не доехал до переднего ее края на величину *R*.

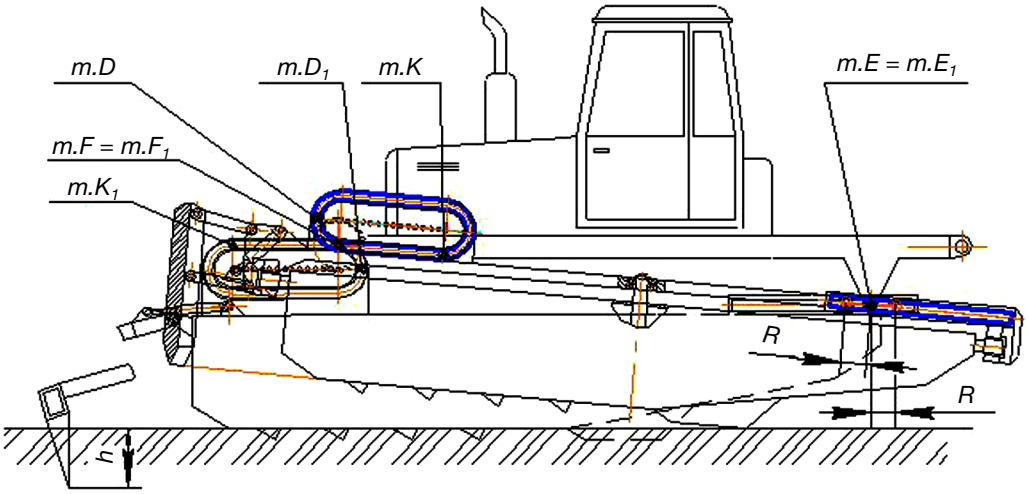


Рис. 4. Положение 2. Момент завершения подъема средней опоры и начала ее перемещения в переднем направлении

Fig. 4. Position 2. The moment of completion of the lifting of the middle support and the beginning of its movement in the forward direction

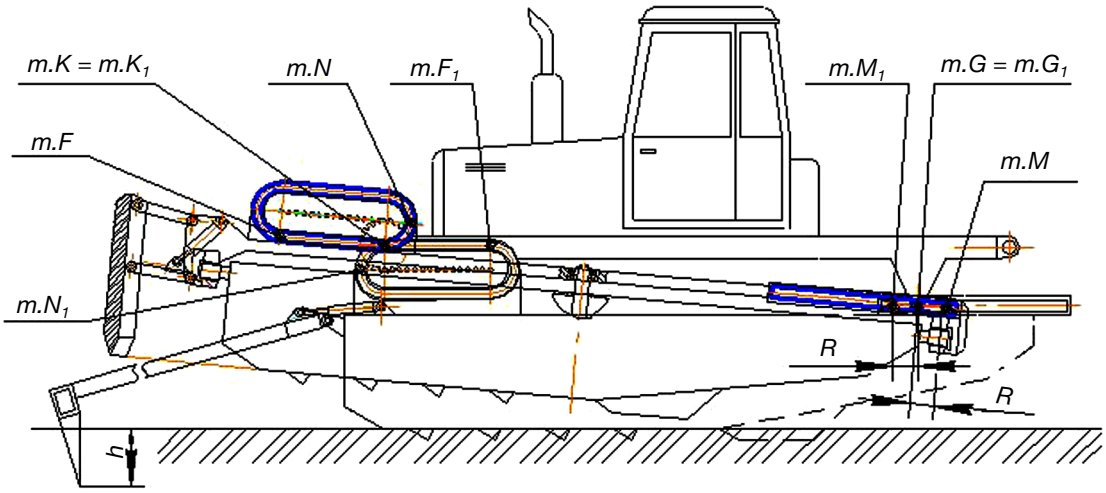


Рис. 5. Положение 3. Момент завершения передвижения средней опоры вперед и начала ее опускания на грунт

Fig. 5. Position 3. The moment of completion of the movement of the middle support forward and the beginning of its lowering to the ground

Положение 3 соответствует моменту завершения передвижения средней опоры вперед и моменту начала ее опускания на грунт.

В этот момент золотник, управляющий поворотом опор, должен перекрыть поток рабочей жидкости к силовому цилиндру поворота опор.

Должен завершиться процесс поворота средней опоры.

При этом если шток цилиндра был полностью выдвинут, то средняя опора должна была полностью повернуться в одну сторону, а если задвинут, то средняя опора должна была полностью повернуться в противоположную сторону.

В положении 4 (рис. 6) боковая опора приподнялась относительно грунта. Завершился ее подъем и началось ее перемещение вперед.

В этом положении центр переднего катка находится в т. P_1 на передней направляющей боковой опоры и в т. P на передней направляющей средней опоры. Корпус передним катком начинает свое движение по верхнему ручью передней направляющей средней опоры, которая стоит на грунте, а боковая опора нижним ручьем своей передней направляющей начинает перемещаться относительно переднего катка корпуса.

Поднятое положение боковой опоры (положение 4) соответствует моменту начала ее по-

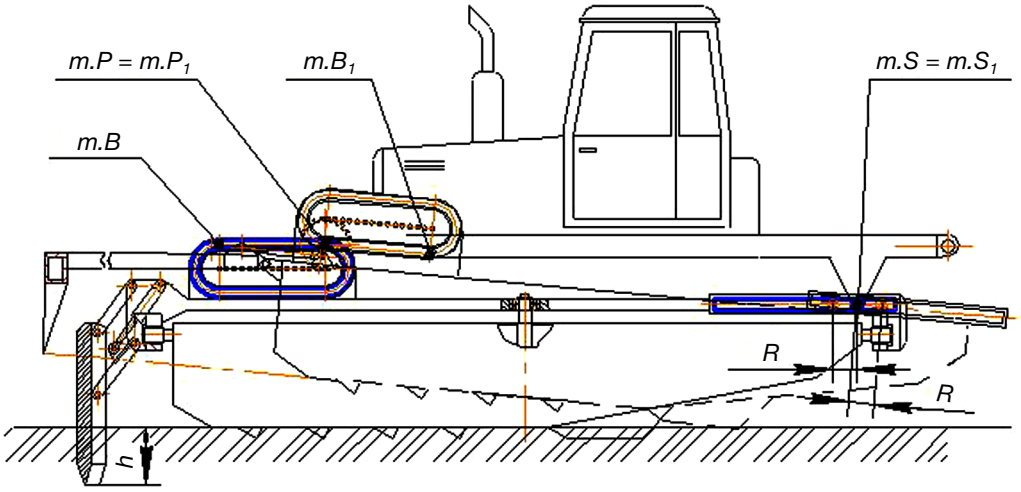


Рис. 6. Положение 4. Момент завершения подъема боковой опоры и начала ее перемещения вперед

Fig. 6. Position 4. The moment when the lifting of the side support is completed and when it starts moving forward

ворота влево или вправо. В этом положении золотник, управляющий поворотом опор, должен направить поток рабочей жидкости к силовому цилиндру для поворота боковой опоры.

При подаче рабочей жидкости в штоковую полость шток будет задвигаться в гильзу, и боковая опора начнет поворачиваться в одну сторону.

При подаче рабочей жидкости в поршневую полость шток будет выдвигаться из гильзы, и боковая опора начнет поворачиваться в противоположную сторону. При дальнейшем движении шагающей машины боковая опора проходит среднее положение и перемещается в положение, которое снова соответствует положению 1 (см. рис. 3) и цикл движения повторяется (см. рис. 3–6).

Из-за большого объема материала другие промежуточные положения опор не показаны, так как они не являются характерными для данной темы исследования.

Например, не показано положение «три опоры на грунте», так как в этом положении ни одна из опор не приподнята относительно грунта.

При таком положении нельзя отдавать команды на поворот опор, так как при их повороте будет происходить их трение о грунт и сдвиг грунта.

На основании приведенного выше исследования процесса передвижения шагающей болотоходной машины в его характерных положениях графически на передних направляющих неподвижных опор показаны точки, при прохождении которых центрами передних катков корпуса должен срабатывать золотник управления силовым цилиндром поворота переносимой опоры (рис. 7).

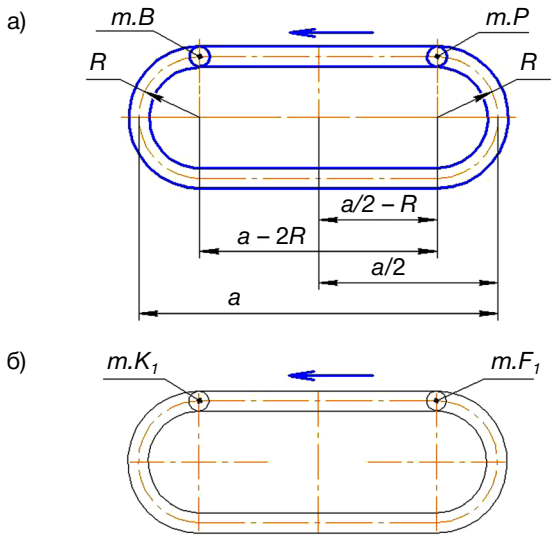


Рис. 7. Положение точек центра переднего катка корпуса на передней направляющей неподвижной опоры в момент окончания подъема и в момент начала опускания переносимой опоры: *а* – передняя направляющая средней опоры, неподвижно стоящей на грунте; *б* – передняя направляющая боковой опоры, неподвижно стоящей на грунте; т. *P* – положение центра переднего катка корпуса на передней направляющей средней опоры, при котором должно произойти включение привода поворота боковой опоры; т. *B* – положение центра переднего катка корпуса на передней направляющей средней опоры, при котором должно произойти выключение привода поворота боковой опоры; т. F_1 – положение центра переднего катка корпуса на передней направляющей боковой опоры, при котором должно произойти включение привода поворота средней опоры; т. K_1 – положение центра переднего катка корпуса на передней направляющей боковой опоры, при котором должно произойти выключение привода поворота средней опоры

Fig. 7. The position of the center points of the front roller of the housing on the front guide of the fixed support at the end of the lifting and at the beginning of the lowering of the portable support: *a* – the front guide of the middle support standing still on the ground; *b* – the front guide of the side support standing still on the ground; *P* – position of the center of the front of the rink corps on the front rail center support, which should be on the drive side turn support; t. *B* – in the position of the center of the front of the rink corps on the front rail center support, which should happen off of the drive of rotation of the lateral supports; t. F_1 – position of the center of the front of the rink corps on the front rail side supports, which should be on the drive turn the middle support; t. K_1 – position of the center of the front of the rink corps on the front rail side supports, which should happen off of the drive rotation center support

Графически на задних направляющих неподвижных опор показаны точки, при прохождении которых центрами задних катков корпуса должен срабатывать золотник управления силовым цилиндром поворота переносимой опоры (рис. 8).

На рис. 8 не показаны точки на задних направляющих переносимых опор, при прохождении которых центрами задних катков корпуса будет срабатывать золотник управления силовым цилиндром их поворота.

Поскольку привод на боковые опоры смещен на *180°* относительно привода на среднюю опору, то задние катки на переносимых опорах будут в это время также находиться на расстоянии R от своих крайних положений.

Однако задние направляющие будут наклонены относительно опорной поверхности на угол α, а задние катки будут двигаться по ним в это время в противоположную сторону (в относительном движении).

На виде в плане средняя опора шагающей болотоходной машины выполнена в виде удлиненного шестиугольника с углами скоса бортов *β/2* (рис. 9). Оптимальный процесс поворота шагающей машины предусматривает

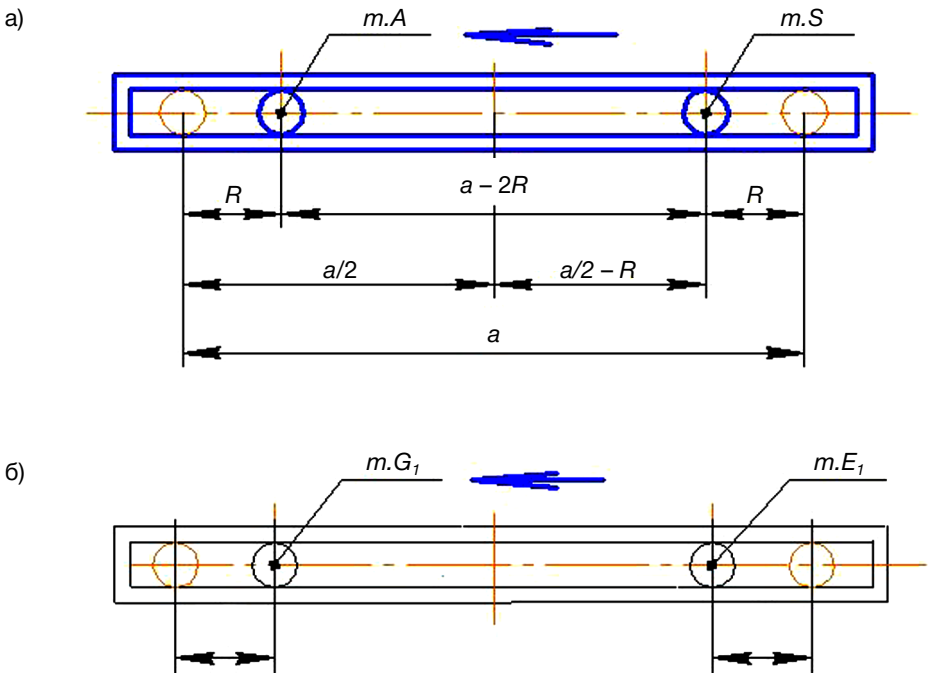


Рис. 8. Положение точек центра заднего катка корпуса на задней направляющей неподвижной опоры в момент окончания подъема и в момент начала опускания переносимой опоры; стрелками показано направление движения заднего катка по неподвижной задней направляющей: *а* – задняя направляющая средней опоры, которая неподвижно стоит на грунте; *б* – задняя направляющая боковой опоры, которая неподвижно стоит на грунте; т. *S* – положение центра заднего катка корпуса на задней направляющей средней опоры, при котором должно произойти включение привода поворота боковой опоры; т. *A* – положение центра заднего катка корпуса на задней направляющей средней опоры, при котором должно произойти выключение привода поворота боковой опоры; т. E_1 – положение центра заднего катка корпуса на задней направляющей боковой опоры, при котором должно произойти включение привода поворота средней опоры; т. G_1 – положение центра заднего катка корпуса на задней направляющей боковой опоры, при котором должно произойти выключение привода поворота средней опоры

Fig. 8. The position of the center point of the rear of the rink enclosure on the back of the guide the fixed bearing in the end of the ascent and at the beginning of the lowering portable support; the arrows indicate the direction of movement of the rear roller at the rear of the guide: *a* – rear guide rail center support, which still stands on the ground; *b* – rear side guide support, which still stands on the ground; t. *S* – the position of the center of the back of the rink enclosure on the back of the guide, the average support, which should be on drive rotation of side supports; t. *A* – center position of rear roller housing to rear rail medium reliance, which has to happen off of the drive of rotation of the lateral supports; t. E_1 – position of the center of the back of the rink housing on the rear side of the guide support, which should be on the drive turn the middle support; t G_1 – position of the center of the back of the rink housing on the rear side of the guide support, which should

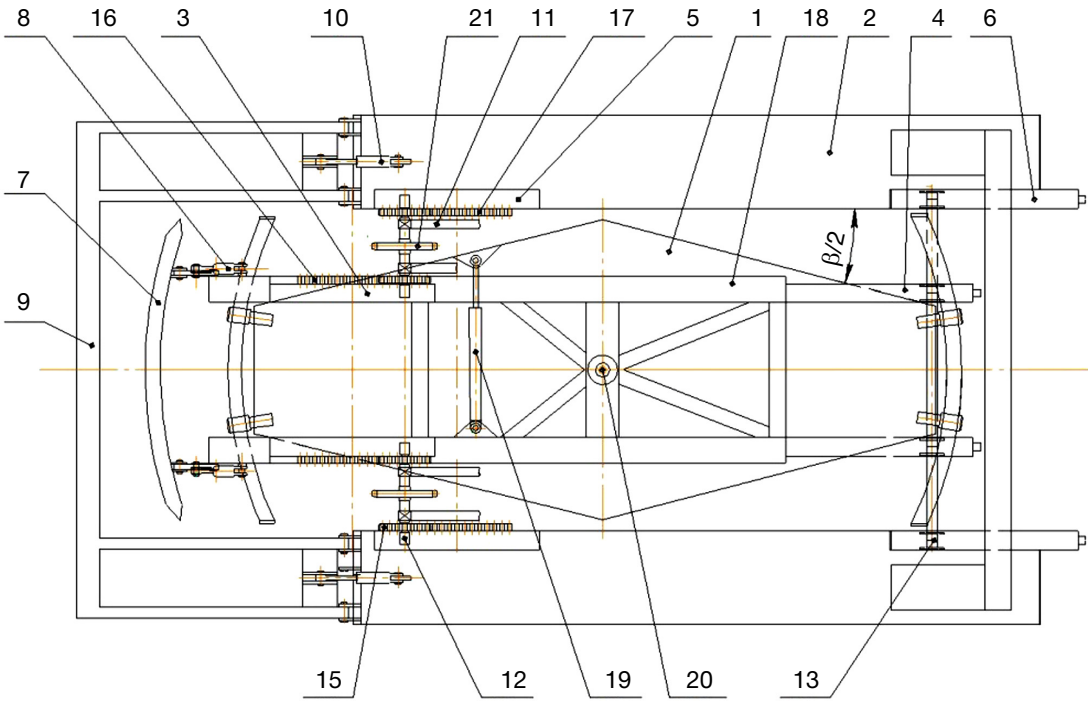


Рис. 9. Положение узлов шагающей болотоходной машины на виде в плане при ее движении в переднем направлении (влево), при котором должен начаться поворот ее боковых опор, например, влево:
1 – средняя опора; 2 – правая опора; 3 – передняя направляющая средней опоры; 4 – задняя направляющая средней опоры; 5 – передняя направляющая правой опоры; 6 – задняя направляющая правой опоры; 7 – внутренний грунтозацеп; 8 – силовой цилиндр управления внутренним грунтозацепом; 9 – внешний грунтозацеп; 10 – силовой цилиндр управления внешним грунтозацепом; 11 – корпус; 12 – передний каток корпуса; 13 – задний каток корпуса; 14 – силовая установка (на рис. не показана; см. рис. 2); 15 – цевочная звездочка; 16 – цевки средней опоры; 17 – цевки правой опоры; 18 – продольная рама средней опоры; 19 – силовой цилиндр поворота; 20 – шарнир поворота; 21 – правый вал привода опор

Fig. 9. The position of the nodes of the mire-walking machine in the plan view when it moves in the forward direction (to the left), at which the rotation of its side supports should begin, for example, to the left:
1 – the middle support; 2 – the right support; 3 – the front guide of the middle support; 4 – rear guide of the middle support; 5 – front guide of the right support; 6 – rear guide of the right support; 7 – internal ground hitch; 8 – power cylinder for controlling the internal ground hitch; 9 – external ground hitch; 10 – power cylinder for controlling the external ground hook; 11 – body; 12 – front roller of the body; 13 – rear roller of the body; 14 – power plant (in fig. not shown; see fig. 2); 15 – pinwheel sprocket; 16 – pinwheels of the middle support; 17 – pinwheels of the right support; 18-longitudinal frame of the middle support; 19 – power cylinder of rotation; 20 – pivot joint; 21 – right shaft of the support drive

своевременное начало и своевременное окончание поворота его опор, при котором достигается их поворот на полный угол β на каждом шаге за исключением первого шага.

На первом шаге болотоход за счет скоса бортов средней опоры имеет возможность поворота из своего среднего положения только на угол $\beta/2$ при сохранении гарантированного бокового зазора между опорами.

При оптимальном управлении поворотом опор поворотливость шагающей машины будет максимальной, поскольку радиус поворота будет минимальным за счет полного поворота каждой опоры на каждом шаге.

При этом процесс поворота можно назвать наиболее эффективным, так как опоры будут своевременно осуществлять свой поворот за время их движения от момента полного подъема и начала передвижения в переднем направлении до момента завершения передвижения и начала опускания на грунт.

При этом опоры не будут пропахивать (сдвигать) грунт, то есть при их повороте не будет создаваться «бульдозерный эффект» и

не будет возникать сопротивления повороту со стороны грунта. Оптимальный процесс поворота шагающей болотоходной машины на виде в плане поясняется представленными ниже рисунками (рис. 9–14).

За исходное положение шагающей машины примем такое ее положение, при котором все три ее опоры стоят на опорной поверхности грунта.

Предположим, что средняя опора располагается впереди, а боковые опоры сзади. При

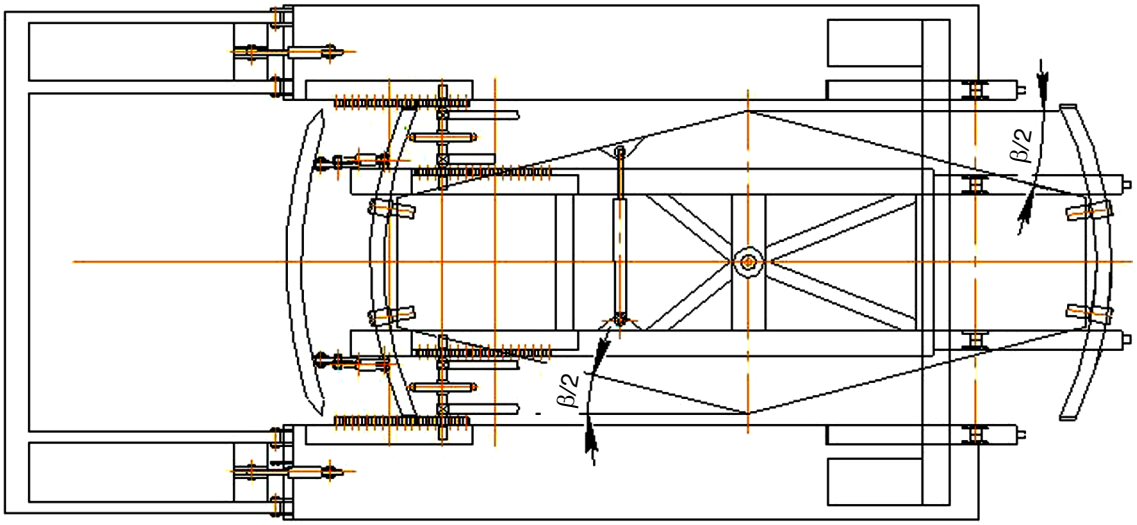


Рис. 10. По сравнению с рис. 9 произошло перемещение боковых опор шагающей болотоходной машины вперед до начала их опускания на грунт

Fig. 10. In comparison with fig. 9, the lateral supports of the mire-walking machine were moved forward before they were lowered to the ground

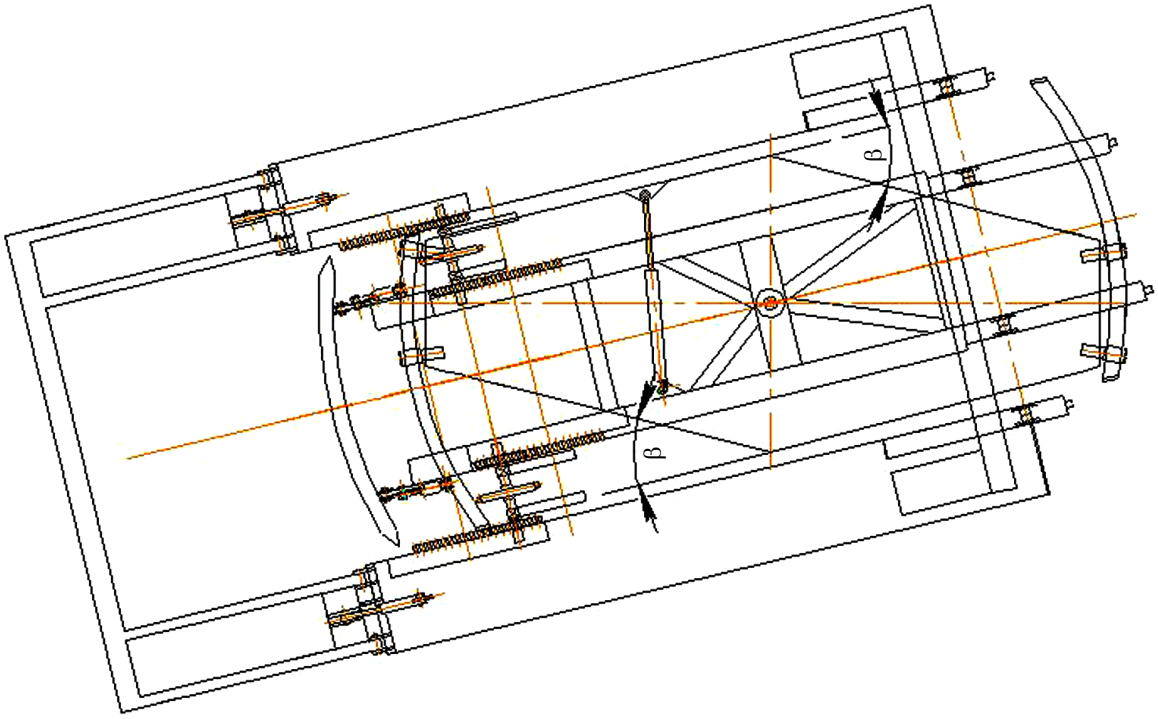


Рис. 11. По сравнению с рис. 9 произошло перемещение боковых опор шагающей болотоходной машины вперед и их поворот влево (по ходу движения) на угол *β/2*

Fig. 11. In comparison with fig. 9, the lateral supports of the mire-walking machine were moved forward and turned to the left. (in the direction of travel) at the angle *β/2*

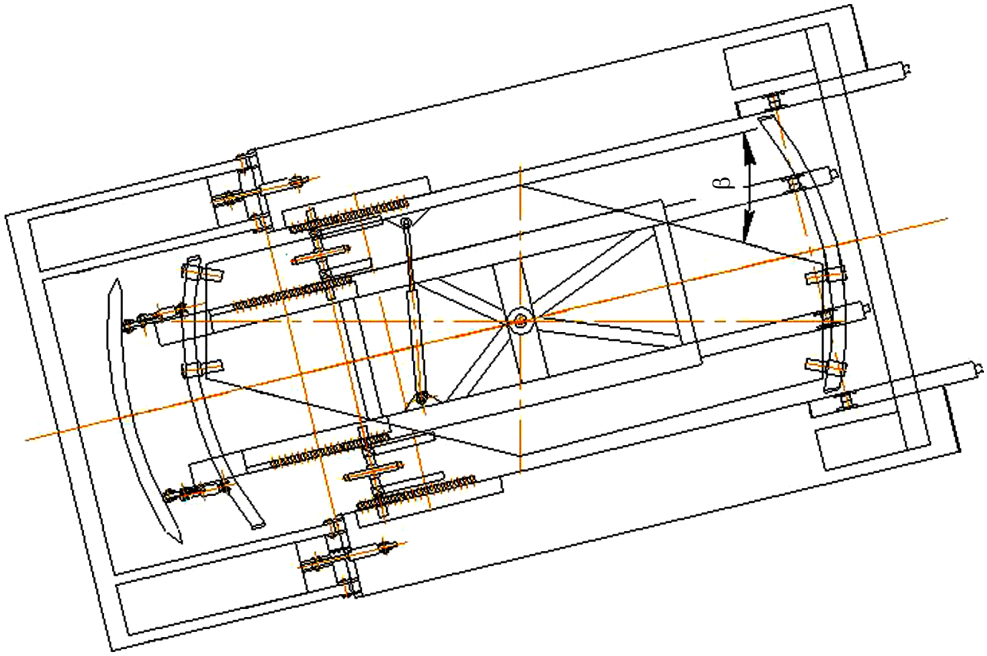


Рис. 12. Средняя опора по сравнению с рис. 11 шагнула вперед

Fig. 12. The average support in comparison with fig. 11 has stepped forward

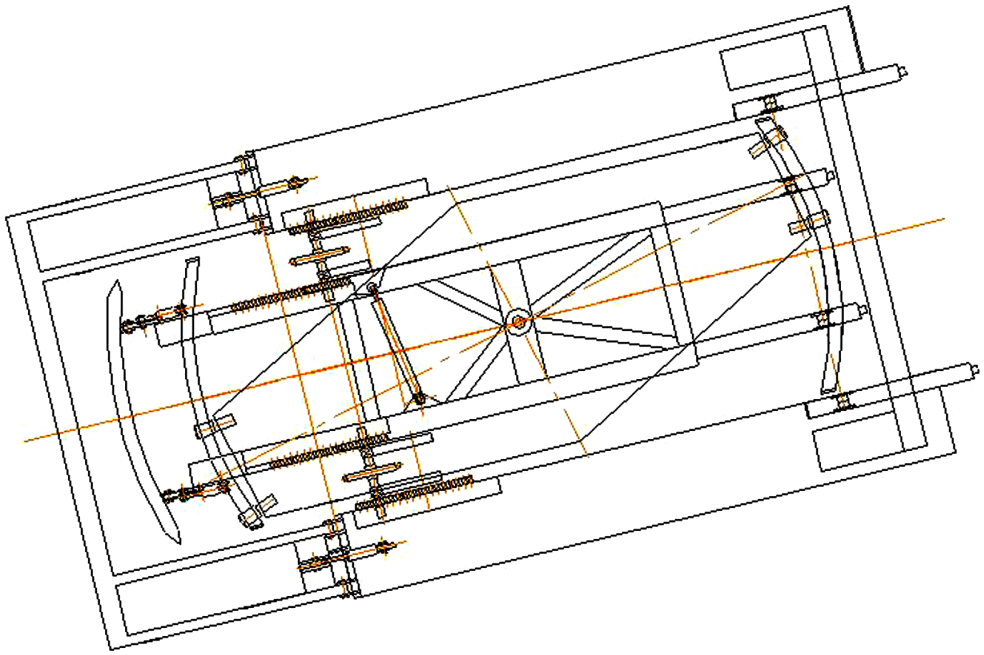


Рис. 13. Средняя опора по сравнению с рис. 11 шагнула вперед, а по сравнению с рис. 12 – повернулась влево на угол β

Fig. 13. The middle support in comparison with fig. 11 stepped forward, and in comparison with fig. 12 – turned to the left at the angle β

движении передним ходом (на всех рисунках – влево) корпус машины будет перемещаться на катках по направляющим впереди стоящей средней опоры со скоростью *V* относительно нее и относительно грунта, а боковые опоры будут подниматься и перемещаться относительно корпуса с такой же скоростью *V*, а относительно грунта со скоростью *2V*.

Для начала поворота боковых опор в процессе движения им необходимо из исходного

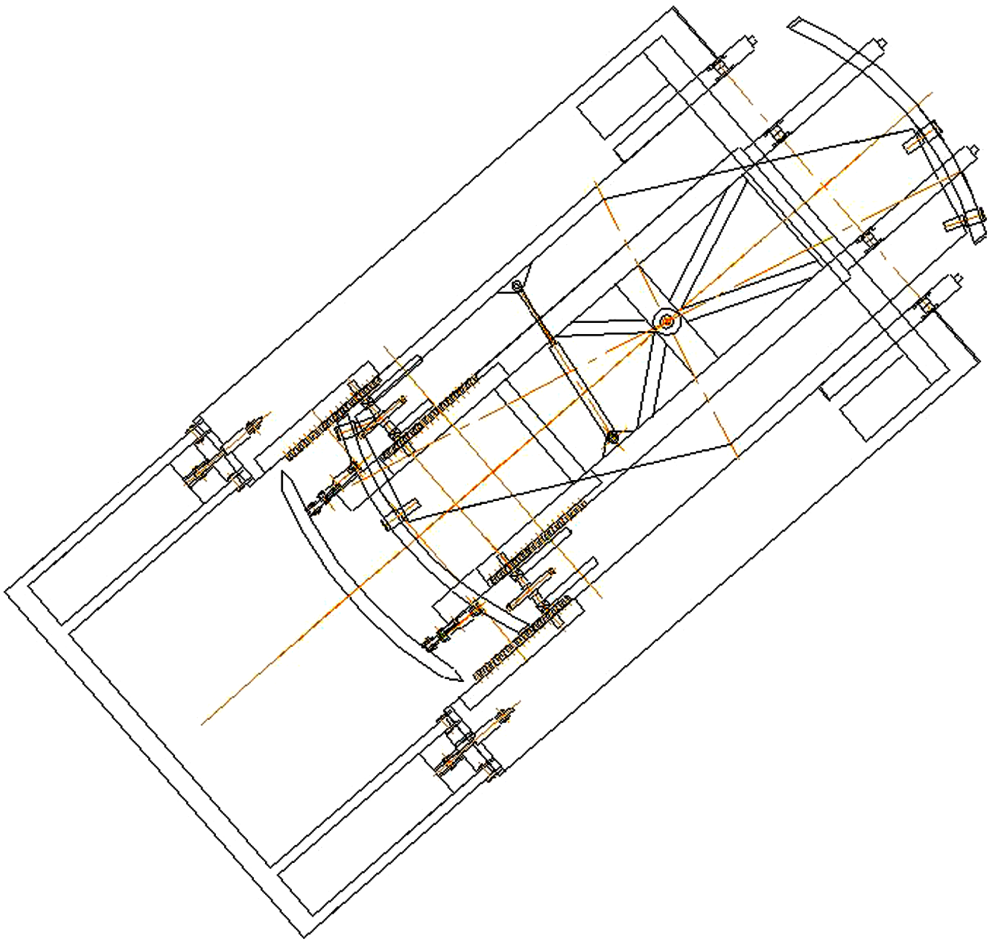


Рис. 14. Положение боковых опор в процессе поворота, при котором они (по сравнению с рис. 13) шагнули вперед и одновременно повернулись влево на угол β относительно неподвижной средней опоры

Fig. 14. The position of the side supports during rotation, at which they (compared to fig. 13) stepped forward and simultaneously turned to the left at an angle β relative to the stationary middle support

положения подняться относительно подошвы неподвижной средней опоры и переместиться в оптимальное для поворота положение (см. рис. 9).

Данное положение характеризуется тем, что в процессе движения корпус на катках из исходного положения (три опоры на грунте) проезжает по направляющим опор в горизонтальном направлении путь R, равный радиусу передней направляющей.

При этом центры передних катков корпуса относительно передних направляющих неподвижной средней опоры располагаются в крайней задней части ее верхних ручьев, а относительно передних направляющих боковых опор – в крайней передней части ее нижних ручьев.

В таком положении завершается подъем боковых опор и начинается их перенос вперед.

Это положение опор на виде сбоку соответствует положению 4, изображенному на рис. 6. Как раз в этом положении необходимо золотнику силового цилиндра поворота отдать команду для начала поворота боковых опор, например, влево.

Чтобы боковые опоры начали поворот влево, необходимо переключить золотник гидрораспределителя в такое положение, при котором он направил бы поток рабочей жидкости в штоковую полость на выдвижение штока.

Оптимальным будет считаться такой процесс поворота боковых опор, который закончится не позднее завершения их перемещения и начала их опускания на грунт.

Для наглядности изобразим процесс перемещения боковых опор вперед и процесс их поворота влево раздельно, не на одном рисунке, а на двух (см. рис. 10, 11).

На рис. 10 показан процесс перемещения боковых опор вперед, а на рис. 11 – их поворот влево.

Поворот боковых опор влево на угол β/*2* за время их перемещения вперед показан отдельно на рис. 11

При перемещении боковых опор вместе с ними вперед переместились установленные на них передние и задние направляющие; задняя балка, соединяющая боковые опоры в их хвостовой части; внешний грунтозацеп, шарнирно установленный в носовой части боковых опор; корпус с установленными на нем приводными валами (левым и правым), передними и задними катками.

Неподвижными остались средняя опора, включающая в себя средний понтон с закрепленными на нем четырьмя поворотными роликами и шарнирно соединенную с ним продольную раму с жестко закрепленными на ней передними и задними направляющими, а также поперечно установленный силовой цилиндр поворота, шарнирно соединяющий средний понтон с его продольной рамой.

При завершении поворота боковых опор влево шток силового цилиндра должен полностью выдвинуться из его гильзы. Золотник должен отключить подачу рабочей жидкости к силовому цилиндру поворота.

После завершения первого шага боковых опор с первым поворотом на угол β/2 между бортами средней опоры и боковых опор образовался угол β.

Поэтому все последующие повороты опор будут выполняться на угол β.

В процессе дальнейшего передвижения шагающего болотохода его боковые опоры, становятся на грунт, средняя опора приподнимается и шагает вперед вдоль продольной оси боковых опор (рис. 12) с одновременным поворотом влево (см. рис. 13).

Поворот средней опоры за время ее перемещения показан отдельно на рис. 13.

На предыдущих рисунках (см. рис. 9–13) на видах в плане были показаны отдельно положения опор при их перемещениях вперед и отдельно при их поворотах.

На рис. 14 по сравнению с рис. 13 показано сразу окончательное положение боковых опор в результате их сложного движения: поступательного перемещении по направляющим и совместного с ним поворота на угол β относительно шарнира поворота.

При дальнейшем движении шагающей болотоходной машины на повороте цикл перемещения и поворота его опор, изложенный выше, повторяется. Если принять угол β/2 равным 10°, то поворот шагающей машины на 90° будет произведен за *5* шагов опор.

Поворот опор вправо выполняется аналогично описанному выше.

В результате проведенных исследований установлены положения опор, катков, направляющих и других узлов шагающей болотоходной машины на виде сбоку и на виде в плане, которые определяют оптимальные моменты включения и выключения силового привода поворота для автоматического управления процессом поворота.

Выводы

1. Оптимальным должен быть такой момент начала поворота переносимой опоры, который совпадает с моментом окончания ее подъема. Оптимальным должен быть такой момент окончания поворота переносимой опоры, который совпадает с моментом начала ее опускания.

2. Началом поворота боковой опоры должно быть такое ее положение, при котором центр переднего катка корпуса будет находиться на заднем крае верхнего ручья передней направляющей средней опоры, а окончанием поворота боковой опоры такое положение, при котором центр переднего катка корпуса будет располагаться на переднем крае верхнего ручья передней направляющей средней опоры.

3. Началом поворота средней опоры должно быть такое ее положение, при котором центр переднего катка корпуса будет располагаться на заднем крае верхнего ручья передней направляющей боковой опоры, а окончанием поворота средней опоры такое положение, при котором центр переднего катка корпуса будет находиться на переднем крае верхнего ручья передней направляющей боковой опоры.

4. Началом поворота боковой опоры должно быть такое ее положение, при котором центр заднего катка корпуса будет располагаться на расстоянии R от своего крайнего заднего положения на задней направляющей средней опоры, а окончанием поворота боковой опоры такое положение, при котором центр заднего катка корпуса будет находиться на расстоянии *R* от своего крайнего переднего положения на задней направляющей средней опоры.

5. Началом поворота средней опоры должно быть такое положение, при котором центр заднего катка корпуса будет располагаться на расстоянии *R* от своего крайнего заднего положения на задней направляющей боковой опоры, а окончанием поворота средней опоры такое

положение, при котором центр заднего катка корпуса будет находиться на расстоянии *R* от своего крайнего переднего положения на задней направляющей боковой опоры.

6. При автоматическом управлении процессом поворота опор шагающего болотохода оптимальными и своевременными будут являться такие команды, отдаваемые золотнику гидрораспределителя и исполняемые силовым цилиндром поворота, которые подаются в такое время, которое совпадает с соответствующими положением центров передних катков на передних направляющих или соответствующим положением центров задних катков на задних направляющих, изложенные в выводах 2–5.

7. На основании выполненных исследований и сделанных выводов с целью упрощения управления шагающей болотоходной машиной при ее движении на повороте, а также с целью своевременного включения и выключения силового привода поворота, уменьшения радиуса поворота и повышения ее проходимости в условиях неосушенной торфяной залежи в настоящее время проводятся работы по разработке двух вариантов конструкций автоматического управления поворотом.

Библиографический список

1. Исследовать и создать высокопроходимое средство для передвижения и работы на неосушенных торфяных месторождениях: отчет о НИР (промежуточ.) / КПИ; рук. Л.Ф. Коровицын; ответств. исполн. А.А. Петров. – Калинин, 1980. – 110 с. № ГР 80046421. Инв. № Б 908880.
2. *Коровицын Л.Ф., Петров А.А.* Высокопроходимый движитель для торфяных машин // Технология и комплексная механизация торфяного производства. – Калинин: КГУ, 1982. – С. 25–28.
3. *Коровицын Л.Ф., Петров А.А., Третьяков И.В.* Шагающий болотоход // Торфяная промышленность. – 1983. – № 4. – С. 26–27.
4. *Коровицын Л.Ф., Петров А.А., Васильев А.Н. и др.* Шагающий болотоход // Гидротехника и мелиорация. – 1987. – № 2. – С. 49–51.
5. *Петров А.А.* Применение легкопроходимого шагающего болотохода в торфяной промышленности / Тез. докл. и сообщ. на ВДНХ СССР 19–23 мая 1987 г. – М.: ЦБНТИ МТП РСФСР. – С. 20–21.
6. Внедорожное шагающее транспортное средство: пат. № 50200 Рос. Федерация: МПК[7] B 62 D 57/02 / М.Н. Сафронов, Н.Ф. Швец, А.А. Петров и др.; заявитель и патентообладатель ЗАО «Тверской экспериментально-механический завод». Опубл. 27.12.2005. Бюлл. № 36.
7. *Петров А.А., Гирин Д.В.* Малогабаритный шагающий болотоход для устранения нефтяных загрязнений на болотах // Нефть-Газ промышленность. – 2006. – № 4 (24). – С. 50–51.
8. *Петров А.А., Швец Н.Ф., Гирин Д.В.* Шагающий болотоход БШМ для ликвидаций последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на неосушенных торфяных болотах // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2008. – № 3. – С. 42–44.
9. Патент на полезную модель № 123389 от 24.04.12 г., МПК B62D 57/02. Шагающий манипулятор для рекультивации болот / М.Н. Сафронов, В.А. Фонарюков, А.А. Петров и др. // 2012. Бюлл. № 36.
10. Движитель шагохода / Л.Ф. Коровицын, А.А. Петров, И.В. Третьяков, А.Ю. Коровочкин. А.С. № 1243292. Калининский ордена Трудового Красного знамени политехнический институт. Опубликовано 28.07.2020. Бюлл. № 22.
11. *Петров А.А., Коровицын Л.Ф.* Основные параметры поворота шагающего болотохода // Калинин. политехн. ин-т. – Калинин, 1983. – 7 с. Деп. в ЦБНТИ МТП РСФСР 13.07.83. № 3, тп Д 83.

УДК 622.331(09)

Копенкина Л.В.

Копенкина Любовь Владимировна, к. т. н., доцент кафедры технологических машин и оборудования Тверского государственного технического университета. Тверь, Академическая, 12, lvkopenkina@mail.ru

ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ С.С. КОРЧУНОВ (К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

Аннотация. В статье отмечается вклад доктора технических наук С.С. Корчунова в развитие практических основ осушения торфяных месторождений при их подготовке к эксплуатации и проходимости по ним торфяных машин, создание теории движения влаги в торфе.

Ключевые слова: история торфяного дела, осушение торфяных месторождений, проходимость машин, влага в торфе, С.С. Корчунов

Kopenkina L.V.

Kopenkina Lubov V., Dr., Associate Professor of the Chair of Technological Machinery and Equipment of the Tver State Technical University. Tver, Akademicheskay, 12, lvkopenkina@mail.ru

OUTSTANDING SCIENTIST S.S. KORCHUNOV (ON THE 100TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH)

Abstract. The article notes the contribution of Doctor of Technical Sciences S.S. Korchunov to the development of practical principles of drainage of peat deposits in their preparation for operation and passability of peat machines on them, the creation of a theory of moisture movement in peat.

Key words: history of peat industry, drainage of peat deposits, passability of machines, moisture in peat, S.S. Korchunov

Рис. 1. С.С. Корчунов

Fig. 1. S.S. Korchunov

Сергей Сергеевич Корчунов (1921–1991) заложил практические основы осушения торфяных месторождений при их подготовке к эксплуатации и проходимости по ним торфяных машин, создал теорию движения влаги в торфе. Развитие научных исследований физико-механических свойств торфа способствовало совершенствованию технологии и комплексной механизации процессов добычи торфа, предопределяя техническую возможность осуществления некоторых процессов механизации.

Корчунов родился 11 марта 1921 года.

Он начал работать в 1942 году в Московской группе исследователей Всесоюзного научно-исследовательского института торфяной промышленности под руководством Н.А. Наседкина, когда был студентом Московского торфяного института (МТИ) [1].

После окончания МТИ в 1945 году Корчунов работал во Всесоюзном научно-исследовательском институте торфяной промышленности в Ленинграде заведующим лабораторией физико-механических свойств торфа, с которой был тесно связан всю жизнь, в 1964–1967 гг. – заместителем директора ВНИИТП по научной части.

В 1946 году были опубликованы его первые статьи в журнале «Торфяная промышленность», посвященные физическим свойствам торфа: расчету коэффициента усадки торфа, более точно выявлявшему степень переработки, зависимости объемного веса от влажности торфа; несущей способности и деформации торфяной залежи в зависимости от размеров опорных поверхностей. Полученные зависимости были необходимы при проектировании гусеничного хода торфяных машин.

В 1949 году Корчунов защитил кандидатскую диссертацию на тему «Зависимость несущей способности и деформации торфяной залежи от размеров опорной поверхности».

В 1950-х годах в физико-механической лаборатории ВНИИТП Корчунов занимался изучением водно-физических свойств торфа и процессов движения и взаимодействия влаги, основанных на использовании методов термодинамики, где движущей силой является потенциал влаги, что являлось теоретической основой для создания рациональной технологии добычи и переработки торфа.

Экспериментальные работы проводились в лабораториях ВНИИТП, на ряде торфопредприятий (Назия, Орша 1, Шувалово), на полях ТОС (Калининский филиал ВНИИТП). Основные результаты этих работ к 1953 году были опубликованы в трудах ВНИИТП [2], к 1960 году – в публикации [3].

В результате этих научных работ Корчунов защитил в 1962 году в Калининском торфяном институте докторскую диссертацию на тему «Исследование движения влаги в различных процессах добычи торфа на основе потенциальной теории». Научными консультантами были профессора В.Г. Булычев, М.П. Воларович.

В диссертации обоснована целесообразность использования потенциальной теории, рассмотрен ряд процессов, в основе которых лежат закономерности движения влаги. Рассмотрен водный режим осушенных полей добычи фрезерного торфа. Разработаны конструкции приборов – глубиномеров, влагопотенциометров, предназначенных для измерения потенциала влаги в полевых и лабораторных условиях.

С 1961 года он участвовал в работах по созданию тензометрической аппаратуры, предназначенной для измерения в полевых условиях статических и динамических напряжений в деталях торфяных машин. В результате проведенных работ в 1963 году была создана портативная аппаратура для испытания машин в полевых и экспериментальных условиях [4].

На Международном конгрессе по торфу, проходившем в Ленинграде в 1963 году, в секции «Добыча и переработка торфа» С.С. Корчунов

представил работу (в соавторстве с И.И. Могилевским) «Теория потенциала влаги и ее применение для исследования осушения торфяной залежи».

В 1976 году вышел стандарт предприятия «Ход гусеничный торфяных машин» для расчета и выбора основных параметров гусеничного хода при проектировании торфяных машин, в котором использованы данные исследований С.С. Корчунова.

Он является автором изобретений (с соавторами), среди которых устройство для измерения деформации грунта под опорами транспортного средства (№ 478996, заявлено в 1970 г.), устройство для уплотнения и формования торфа (№ 608942, заявлено в 1973 г.), устройство для определения коэффициента фильтрации (№ 492617, заявлено в 1974 г.), почвенный испаритель (№ 1673919, заявлено в 1983 г.), способ определения осушенности разрабатываемого пласта торфяной залежи (№ 1191585, заявлено в 1984 г.), способ определения массы торфа в штабеле (№ 1399470, заявлено в 1986 г.) и другие. Автор более 100 научных работ.

В Справочнике по торфу 1982 года Корчунову принадлежит авторство разделов: физико-механические свойства торфа и механика торфяной залежи.

В 1992 году была издана книга «Технический анализ торфа», в которой подразделы «Определение полной влагоемкости и водопоглощаемости торфа», «Определение потенциала влаги и степени осушенности торфяной залежи» выполнены С.С. Корчуновым.

Исследования С.С. Корчунова относятся к различным разделам физики торфа и ее приложениям к технологии торфяного производства. Его исследования несущей способности торфяной залежи, устойчивости откосов каналов, фильтрационной способности залежей и торфа позволили выявить принципы и заложить практические основы осушения торфяных месторождений при их подготовке к эксплуатации и проходимости по ним торфяных машин, создать теорию движения влаги в торфе [5].

Сергей Сергеевич Корчунов (рис. 1–3) был научным руководителем сотрудников ВНИИТП И.И. Могилевского, А.Я. Зеленского, Е.А. Щипитина и других, научным консультантом по докторской диссертации В.Г. Селеннова.

В течение многих лет Корчунов был председателем торфяной секции НТОЭП, членом совета по торфу и торфяным почвам ВАСХНИЛ, членом научно-технического совета Минтопрома РСФСР, членом редколлегии журнала «Торфяная промышленность», специализированного совета по защите докторских диссертаций Калининского политехнического института, председателем ГЭК на кафедре торфяных машин и оборудования (рис. 4).

Рис. 2. Чествование С.С. Корчунова

Fig. 2. Honoring of S.S. Korchunov

Рис. 3. С.С. Корчунов

Fig. 3. S.S. Korchunov

Рис. 4. Слева направо: С.С. Корчунов, Л.С. Амарян, В.М. Шпынев, В.Я. Антонов, А.Н. Лукьянчиков на заседании ГЭК кафедры торфяных машин и оборудования КПИ (1978)

Fig. 4. From left to right: S.S. Korchunov, L.S. Amaryan, V.M. Shpinev, V.Y. Antonov, A.N. Lukyanchikov seat at a meeting of the state examination commission of the Chair of Peat Machinery and Equipment in the KPI (1978)

Библиографический список

1. *Наседкин Н.А., Корчунов С.С., Тареева З.В.* Допускаемые давления на осушенную торфяную залежь. Часть I: Распределение давлений в торфомассиве. Отчет ВНИИТП. – 1944. – 60 с.
2. *Корчунов С.С.* Исследование физико-механических свойств торфа: Сборник статей // Труды ВНИИТП; Вып. XII. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1953. – 235 с.
3. *Корчунов С.С., Могилевский И.И., Абакумов О.Н., Дулькина С.М.* Изучение водного режима осушенных торфяных залежей. Часть 1. Определение степени осушенности торфяных полей // Труды ВНИИТП; Вып. XVII. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1960. – 102 с.
4. *Корчунов С.С., Абакумов О.Н.* Портативный тензоизмеритель с указывающим прибором // Труды ВНИИТП; Вып. XX. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1963. – С. 100–107.
5. *Селеннов В.Г., Михайлов А.В.* Исследования лаборатории физики торфа Всесоюзного (Всероссийского) научно-исследовательского института торфяной промышленности // Труды Инсторфа. – 2019. – № 20 (73). – С. 43–47.