

ISSN 2712-8628



ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ

STEPPE SCIENCE

2023

№ 1

**РЕЦЕНЗИРУЕМОЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЕ
НАУЧНОЕ СЕТЕВОЕ ИЗДАНИЕ**

ИНСТИТУТ СТЕПИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
INSTITUTE OF STEPPE OF THE URAL BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ

STEPPE SCIENCE

1

2023

ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ. 2023. № 1

Издание «Вопросы степеведения» основано по решению ученого совета Института степи УрО РАН в 1999 году.

Главный редактор академик РАН А.А. Чибилев

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Науки о Земле

Бакланов П.Я., академик РАН, д.г.н.
Тишков А.А., член-корр. РАН, д.г.н.
Герасименко Т.И., д.г.н.
Дмитриева В.А., д.г.н.
Зырянов А.И., д.г.н.
Колосов В.А., д.г.н.
Коронкевич Н.И., д.г.н.
Кочуров Б.И., д.г.н.
Левыкин С.В., проф. РАН, д.г.н.
Литовский В.В., д.г.н.
Мячина К.В., д.г.н.
Петрищев В.П., д.г.н.
Хорошев А.В., д.г.н.
Черных Д.В., д.г.н.
Ахмеденов К.М., к.г.н.
Васильев Д.Ю., к.ф.-м.н.
Вельмовский П.В., к.г.н.
Грошева О.А., к.г.н.
Дубровская С.А., к.г.н.
Павлейчик В.М., к.г.н.
Пашков С.В., к.г.н.
Рябинина Н.О., к.г.н.
Рябуха А.Г., к.г.н.
Святоха Н.Ю., к.г.н.
Сивохиц Ж.Т., к.г.н.
Филимонова И.Ю., к.г.н.
Чибилев А.А. (мл.), к.э.н.

Общая биология

Агафонов В.А., д.б.н.
Артемяева Е.А., д.б.н.
Брагина Т.М., д.б.н.
Дарбаева Т.Е., д.б.н.
Куст Г.С., д.б.н.
Кучеров С.Е., д.б.н.
Литвинская С.А., д.б.н.
Намзалов Б.Б., д.б.н.
Нурушев М.Ж., д.б.н.
Самбуу А.Д., д.б.н.
Сафронова И.Н., д.б.н.
Силантьева М.М., д.б.н.
Суюндуков И.В., д.б.н.
Христиановский П.И., д.б.н.
Ширяев А.Г., д.б.н.
Бакиев А.Г., к.б.н.
Барбазюк Е.В., к.б.н.
Калмыкова О.Г., к.б.н.
Кин Н.О., к.б.н.
Спаская Н.Н., к.б.н.
Ткачук Т.Е., к.б.н.

Сельскохозяйственные науки

Кулик К.Н., академик РАН, д.с.-х.н.
Гулянов Ю.А., д.с.-х.н.
Мушинский А.А., д.с.-х.н.
Савин Е.З., д.с.-х.н.
Трофимов И.А., д.г.н., к.б.н.
Юферов В.Г., д.с.-х.н.
Ярцев Г.Ф., д.с.-х.н.

Издание «ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ» зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство – ЭЛ № ФС77-79189

ISSN – 2712-8628

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатный.

Учредитель издания:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Оренбургский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук.

Ответственный секретарь редакции:

к.г.н., с.н.с. Грошева О.А.

+7 (3532) 77-44-32

E-mail: steprescience@mail.ru

Адрес редакции: 460000, Оренбургская область, г. Оренбург, ул. Пионерская, д. 11.

© Институт степи УрО РАН, 2023

Подписано к изданию – 16.03.2023

Дата выхода номера – 21.03.2023

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Огуреева Г.Н. ГЕОГРАФИЯ ЭКОСИСТЕМНОГО И БИОТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ГОРНЫХ СТЕПЕЙ СИБИРИ	4
Дмитриева В.А. ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ПРОМЕРЗАНИЯ ПОЧВЫ В ФОРМИРОВАНИИ СТОКА ВЕСЕННЕГО СНЕГОВОГО ПОЛОВОДЬЯ В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕГО ДОНА	16
Магрицкий Д.В., Сивохин Ж.Т., Павлейчик В.М., Кисебаев Д.К. НАУЧНО-ПРИКЛАДНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СТОКА РЕК В БАССЕЙНЕ УРАЛА В XX В. – НАЧАЛЕ XXI В. ЧАСТЬ 1. СТОК И ВОДНЫЙ РЕЖИМ. МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ	25
Ильютчик Д.А. АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ОРЕНБУРГСКОГО КРАЯ: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ	45

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

Бакей С.К., Мотыль М.М., Созинов О.В., Высоцкий Ю.И. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БОРЬБЫ С ИНВАЗИЕЙ ВИДОВ ЗОЛОТАРНИКА СРЕДСТВАМИ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ В БЕЛАРУСИ	53
Елизаров Н.В., Добротворская Н.И. ЭВОЛЮЦИЯ СВОЙСТВ ПОЧВ ПОСТАКВАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ БАРАБИНСКОЙ СТЕПИ (НА ПРИМЕРЕ ЮДИНСКОГО ПЛЕСА ОЗЕРА ЧАНЫ)	65

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Гармашов В.М., Говоров В.Н., Крячкова М.П. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПРЯМОГО ПОСЕВА НА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ОДНОЛЕТНИХ ТРАВ НА ЗЕЛЕНый КОРМ	75
---	----

ГЕОГРАФИЯ ЭКОСИСТЕМНОГО И БИОТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ГОРНЫХ СТЕПЕЙ СИБИРИ

Г.Н. Огуреева

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Россия, Москва

e-mail: ogur02@yandex.ru

В биогеографии разнообразие горных экосистем и их биоты в силу трехмерной структуры и высокой степени дифференциации экотопов рассматривается на основе экосистемной концепции и эколого-географического подхода к интерпретации данных. Горный биом (оробиом) является интегральным показателем исторически сложившейся высотно-поясной структуры растительного покрова и адаптации биоты к конкретной комбинации экосистем в пределах высотных поясов. Приведена характеристика горных степей девяти оробиомов Сибири, которая дает сравнительную информацию о географии видов и сообществ. Исторически сложившиеся географо-генетические комплексы степных формаций занимают разные высотные ступени в горных биомах Сибири.

Ключевые слова: экосистема, степи, горный биом, география биоразнообразия, климатипы.

Введение

В биогеографии разнообразие горных экосистем и их биоты в силу трехмерной структуры и высокой степени дифференциации экотопов рассматривается на основе экосистемной концепции и эколого-географического подхода к интерпретации данных [1, 2]. Экосистемное разнообразие относится к территориальным сочетаниям живых организмов на разных уровнях организации биосферы. Выявлению биохорологического разнообразия отвечает биомная концепция, в которой эколого-географическая структура биома выступает как единая классификация наземных экосистем [3], опираясь на общие представления об организации экосистем глобального, регионального и топологического уровней, позволяет анализировать биоразнообразие горных биомов (оробиомов) сопряженно с абиотическими условиями среды в единой системе понятий. Биохоры регионального уровня, в пределах которых формируется и развивается разнообразие видов и экосистем, являются оптимальными для сохранения природного экологического потенциала горных территорий [1, 4]. Они дают необходимую информацию для сравнительного анализа географии видов и биоценозов различных рангов с выявлением фоновых, редких и уникальных биологических объектов в их пределах. Биом представляет собой сочетание конкретных экосистем разного уровня, биота которых наиболее эффективно использует абиотические компоненты среды вследствие определенной, исторически обусловленной адаптации к ним. Преимущество биомного подхода к оценке биоразнообразия заключается в комплексной характеристике растительности и животного населения на современном этапе состояния окружающей среды, давая возможность отслеживать тенденции в изменении количественных и качественных показателей состояния экосистем и их биоты при изменении природных факторов и антропогенного влияния.

Оробиомы. Особую роль биомная концепция играет в понимании структуры и разнообразия горных экосистем в процессе их развития, которое происходит в связи с зональной и секторной дифференциацией, под непосредственным влиянием высотного градиента. География биоразнообразия горных экосистем формируется в пределах определенных высотно-поясных спектров в соответствии со структурой растительного покрова как базового компонента экосистем. На основе представлений о высотных поясах

растительности, типах высотной поясности и иерархии их подразделений выявляются закономерности формирования современной структуры биоразнообразия гор [2].

На глобальном уровне дифференциация растительного покрова выступает как разнообразие зообиомов и оробиомов 1-го порядка [3]. На региональном уровне для биомов характерны различные варианты сочетаний сообществ, из которых создается индивидуальный набор экосистем (ценофонд), определяющий особый, специфический уровень экосистемного разнообразия каждого биома [5]. Биомное разнообразие является интегральным, а его оценка проводится по физиономическим признакам живых организмов, по спектрам их жизненных форм, по числу видов, сообществ и биомных уровней, по характеру их видовой насыщенности и связей между ними. Географическая изменчивость в видовом разнообразии экосистем отражает распределение видов в пространстве высотно-поясного спектра биома. В этом плане биомы можно рассматривать как хорологические единицы биоразнообразия на региональном уровне, а региональные биомы, включающие полный высотный спектр растительных поясов – в качестве опорных единиц выявления и анализа биоразнообразия.

Климатипы. Региональный биом состоит из большого числа разных по размеру экосистем, в составе которых принимают участие флористические и фаунистические комплексы видов, формирование которых шло в течение длительного времени. Ботаническая характеристика биомов исходит из пространственного разнообразия растительного покрова, которая определяет структуру регионального биома (по соотношению площадей, занимаемых основными компонентами экосистем). В структуре регионального биома, прежде всего, важно выделение климатипов, определяющих высотно-поясной характер горного биома, климаксовых сообществ в природных условиях пояса и сопутствующих им эдафических (на выходах известняков, гранитов, вулканогенных отложений, на песках, петрофитные серии и др.) или экологических вариантов (пойменные, болотные, галофитные) экосистем.

Климатические типы горных экосистем (климатипы) подчинены законам изменения тепла и влаги с высотой, что выражается в структуре высотно-поясных спектров. Весь высотно-поясной ряд (тип поясности) зависит от общего баланса тепла, поступающего на горные склоны, и степени континентальности климата горного массива. Результаты многочисленных исследований биоценотического разнообразия убедительно показывают, что основную роль в горных массивах Северной Евразии, играет тепловой баланс. Эти данные хорошо согласуются с гипотезой Б. Хокинса с соавторами, что биоразнообразие в высоких широтах Евразии, в первую очередь, зависит от тепловой энергии. Видовое богатство биоты определяется внешними факторами на 80–90 % и зависит от различий режимов тепла и влаги на склонах разных экспозиций в пределах высотных поясов, а исторические условия ответственны главным образом, за конкретный видовой состав. Гидротермические ареалы горных формаций и их состав легли в основу определения климатипов растительности поясов. Тесная эколого-географическая связь климатических факторов с ценотическим и биотическим разнообразием высотно-поясного спектра горного массива обеспечивается определенными биоклиматическими параметрами. В качестве основных биоклиматических показателей мы приняли: обеспеченность вегетационного периода теплом, выраженная через средние показатели годовой температуры воздуха, суммы активных температур выше 10°C и среднее годовое количество осадков, которое сильно колеблется и значительно отклоняется от средних величин в отдельные годы. Эти биоклиматические показатели определяют совокупность экосистем каждого высотного пояса и его биотическое разнообразие.

Материалы и методы

Основой анализа географии горных степей Сибири послужили карта и монография [6, 7], оригинальные материалы автора и многочисленные публикации по характеристике растительного покрова степей различных регионов страны. Биоразнообразие региональных

биомов нашло отражение на карте «Биомы России» (1:7 500 000), изданной в серии карт природы для высшей школы и монографии «Биоразнообразие биомов России. Равнинные биомы» [6, 7]. На карте нашли отображение 35 равнинных и 31 горный биом (оробиом). Характеристика региональных биомов приводится с количественными показателями разнообразия флористических и фаунистических комплексов биоты (количество видов сосудистых растений, мохообразных и лишайников; позвоночных животных).

Климат в силу высотного градиента выступает как ведущий системообразующий фактор высотно-поясной структуры растительного покрова гор. Климатическое обоснование высотно-поясной структуры растительности оробиомов выполнено на основе определения климатопов типологических подразделений растительности высотных поясов, которые характеризуются через ключевые биоклиматические показатели, осредненные за многолетний период для отдельных лет, сезонов года и месяцев [8]. Для характеристики высотных поясов использованы средние многолетние показатели тепло- и влагообеспеченности года, самого теплого (июль) и самого холодного (январь) месяцев, на основе которых рассчитаны биоклиматические индексы: индекс континентальности и летний омбротермический индекс. На основе анализа связей растительности поясов и среднего значения биоклиматических показателей выделены климатопы как совокупности оптимальных климатических условий, определяющих формирования комплекса растительных сообществ поясов в пределах высотно-поясного спектра.

Биоклиматическая характеристика высотно-поясных подразделений биома приведена по данным расчета глобальной климатической модели Chelsa (период 1979-2013 гг.), проведенного М.В. Бочарниковым [8].

Результаты и обсуждение

Разнообразие степей в горах формируется в составе высотно-поясных спектров разных групп типов поясности растительности в определенных высотных границах и условиях. Их положение в высотно-поясном ряду, пространственно-временная организация сопряжены с климатическими условиями, определяющими основные закономерности распределения степных экосистем по высотным подразделениям ряда. Горные степи в Сибири развиваются в девяти оробиомах, занимая разные высотные уровни, и представлены различными по происхождению флорогенетическими комплексами (рис. 1).

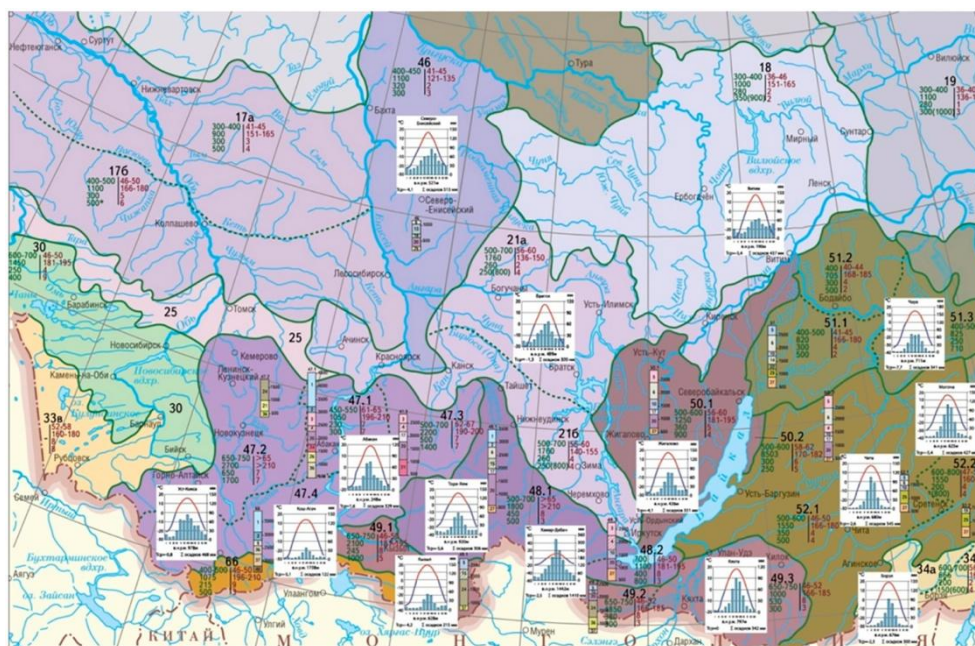


Рисунок 1 – Фрагмент карты «Биомы России» (2018). Биомы гор (оробиомы) Южной Сибири и Забайкалья [6]

Самые северные места нахождения степей связаны с гипоарктическими горами Северо-Востока Азии. В **Верхояно-Колымском оробиоме (43-номер на карте)** выражен пояс горной экспозиционной лиственничной (*Larix cajanderi*) лесостепи. Он прослеживается изолированными массивами в верховьях р. Яны, в долине Индигирки на высотах 400-1200 м, и во многом определяется выраженным засушливым вегетационным периодом в пределах межгорных плоскогорий. Лиственничные редколесья с лугово-степным травостоем развиты по склонам северных экспозиций, по депрессиям и террасам рек. Склоны южных экспозиций заняты различными вариантами криоксерофитных степей, обнаруживающих связи со степными комплексами равнин Центральной Якутии. Преобладают дерновиннозлаковые (*Stipa krylovii*, *Festuca kolymensis*, *Helictotrichon krylovii*, *Agropyron jacutorum*, *Carex duriuscula*, *C. pediformis*, *Pulsatilla flavescens*, *Potentilla tollii*) и разнотравно-мелкодерновиннозлаковые (*Koeleria cristata*, *Agropyron cristatum*, *Festuca lenensis*) степи, сочетающиеся с лугово-степными сообществами более увлажненных участков склонов (*Carex pediformis*, *C. supina*, *Poa stepposa*, *P. botryoides*) с многочисленными видами разнотравья. Среди степного компонента экспозиционной лесостепи выделяются также петрофитные варианты степей (*Agropyron cristatum*, *Artemisia frigida*, *Orostachys spinosa*, *Alyssum obovatum*, *Pulsatilla multifida*) [9].

В пределах **Североохотского оробиома (44)** фрагменты криофитных степей (*Koeleria asiatica*, *Sedum aizoon*, *Orostachys spinosa*, *Phlojodicarpus sibiricus*, *Artemisia tanacetifolia*, *Saussurea schanginiana*) с участием редкого реликтового вида *Caragana jubata*, приурочены к скалистым южным склонам приморской полосы. Отдельные группировки степных видов (*Potentilla gelida*, *Saxifraga dahurica*) проникают по щебнистым южным склонам в долинах рек вглубь горных хребтов [10]. Самые северные изолированные фрагменты криофитных степей известны в **Чукотком биоме (39)** [9].

Далее к югу оробореальная экспозиционная лесостепь хорошо выражена в континентальных районах Прибайкалья и Забайкалья, где представлена комплексом восточносибирских (ангаридских) формаций [1].

В **Южнозбайкальском оробиоме (52)** лесостепной пояс занимает низкогорья хребтов Улан-Бургасы, Яблоновый, Икатский, межгорные котловины (Баргузинская) и долины крупных рек (Уда, Ингода и др.) на высотах 500-700 до 1000 м. Основу растительного покрова пояса составляют экспозиционные сочетания фитокатен лесных и степных сообществ, которые развиваются на теневых и световых склонах соответственно. Преобладают гемибореальные лиственничные (*Larix gmelinii*), сосновые (*Pinus sylvestris*) леса рододендроновой, ольховой и брусничной групп. Степной компонент лесостепи представлен дерновиннозлаковыми сообществами дауро-монгольского комплекса. На более легких почвах преобладают ковыльные (*Stipa krylovii*, *S. grandis*), житняковые (*Agropyron cristatum*), тонконоговые (*Koeleria cristata*), мятликовые (*Poa botryoides*) и змеевковые (*Cleistogenes squarrosa*) степи. На тяжелых почвах распространены сообщества типчаковой (*Festuca lenensis*) и осоковой (*Carex pediformis*) формаций. Лесостепь характерна для Баргузинской котловины, где лиственничные и сосновые остепненные леса сочетаются с луговыми, разнотравными и сухими дерновиннозлаковыми степями тонконоговой (*Koeleria cristata*) и житняковой (*Agropyron cristatum*) формаций [11]. Степные котловины характерны и для южной части Селенгинского среднегорья, где остепненные лиственничные и сосновые леса сочетаются с березовыми (*Betula platyphylla*) лесами, пижмовыми (*Filifolium sibiricum*) степями с участием крупноплодного вяза и сибирского абрикоса (*Ulmus macrocarpa*, *Armeniaca sibirica*) и остепненными (*Pulsatilla multifida*) лугами. Для верховий Амура характерны лиственничные, лиственнично-сосновые рододендроновые леса в сочетании с сообществами пижмовых степей, остепненных лугов и рощами даурской березы (*Betula dahurica*) [12].

Для Алтае-Саяно-Тувинской группы оробиомов характерен южносибирский комплекс формаций [1].

В **Алтае-Саянском оробиоме (47)** пояс горной лесостепи занимает разные позиции в высотном-поясном спектре гор. В северной части Алтая он распространен на высотах 400-1000 м (в восточной части биомы поднимается до 1500 м), где развит в условиях среднегорного денудационно-эрозионного рельефа, по склонам долин крупных рек, характерен для мелкосопочников, отрогов горных хребтов, обрамляющих межгорные котловины. В северных предгорьях распространены западносибирские формации луговых степей и остепненных лугов в сочетании с березовыми (*Betula pendula*, *B. pubescens*), березово-осиновыми, березово-лиственничными (*Larix sibirica*) лесами и многовидовыми сообществами кустарников (*Caragana arborescens*, *Lonicera tatarica*, *Spiraea hypericifolia*, *Rosa ssp.*). В составе луговых степей участвуют злаки (*Stipa pennata*, *Phleum phleoides*), разнотравье (*Filipendula vulgaris*, *Adenophora liliifolia*, *Gypsophila altissima* и др.). По периферии Минусинской котловины березовые, сосновые, лиственничные леса сочетаются с луговыми степями и остепненными лугами (400-500 м). Для Кузнецкой котловины характерен пояс березовой лесостепи на высотах 250-300 м. В менее увлажненных частях Центрального Алтая преобладает лиственничная (*Larix sibirica*) лесостепь, где на склонах южных экспозиций развиты степные сообщества разнотравно-типчачково-ковыльных (*Stipa pennata*, *S. capillata*, *Festuca valesiaca*, *Koeleria macrantha*, *Ziziphora clinopodioides*, *Gypsophila patrinii*, *Schizonepeta multifida*) степей и петрофитных серий (*Orostachys spinosa*, *Silene turgida*, *Thymus ssp.*, *Coluria geoides*) [13].

Степной пояс распространен в широком диапазоне высот (400-1200 м) и занимает относительно широкую полосу в северной предгорной и низкогорной части биомы, узкой полосой протягивается по горным склонам вдоль долин рек и в виде разрозненных участков приурочен к межгорным котловинам, где развитие степей происходит на контакте западносибирских и южносибирских формаций. Степная растительность представлена заволжско-казахстанским комплексом формаций. С увеличением степени континентальности климата и уменьшением осадков в центральноалтайских котловинах (Канская, Улаганская, Урскульская) представлены горные дерновиннозлаковые (*Festuca valesiaca*, *Koeleria macrantha*, *Poa attenuata*, *Agropyron cristatum*, *Stipa capillata*) и ксерофильноразнотравные (*Artemisia frigida*, *Veronica multifida*, *Potentilla bifurca*, *Bupleurum pusillum*) степи южносибирского комплекса формаций. Дерновиннозлаковые степи занимают и центральную часть Минусинской котловины.

Для группы Восточносаянско-Южнозбайкальских оробиомов характерно сочетание южносибирского и дауро-монгольского комплекса степей, при этом степные элементы последнего проникают достаточно глубоко по долинам рек в южносибирские степные сообщества.

В **Восточносаянско-Прибайкальском оробиоме (48)** в подтаежно-лесостепном комплексе господствуют лиственничные (*Larix sibirica*), березовые леса в сочетании с сообществами дерновиннозлаковых степей. Леса формируют экспозиционные сочетания с разнотравно (*Iris ruthenica*, *Oxytropis strobilacea*, *Pulsatilla ambigua*)—мятликовыми (*Poa attenuata*), типчачковыми (*Festuca lenensis*, *F. altaica*), ковыльными (*Stipa krylovii*, *S. capillata*), осоковыми (*Carex pediformis*, *Iris ruthenica*, *Koeleria cristata*) и луговыми (*Calamagrostis epigeios*, *Poa angustifolia*, *Phleum phleoides*) степями, которые занимают световые склоны бортов котловин; по южным склонам типичны петрофитные варианты степей (*Agropyron cristatum*, *Artemisia frigida*, *Thymus asiaticus*, *Scutellaria supina*). В степном поясе хребта Обручева (700-900 до 1300 м) преобладают мелкодерновиннозлаковые (типчачковые, мятликовые, тонконоговые) степи. Кривофитные степи, представленные сообществами формации *Festuca kryloviana* с участием кривофитностепного разнотравья (*Potentilla nivea*, *Draba lanceolata*, *Aster alpinus*, *Patrinia sibirica*, *Pulsatilla ambigua*), получили развитие на склонах хребтов, обрамляющих Тоджинскую, Тункинскую котловины [14, 15].

В Прибайкальско-Момском оробиоме (50) подтаежно-лесостепной пояс (400-700 м) занимает предгорья хребтов на западном побережье Байкала на высотах 400-700 м. Его основу составляют сосновые (*Pinus sylvestris*) и лиственничные (*Larix sibirica*) леса рододендроновой, кустарниковой, разнотравной, папоротниковой групп леса. По крутым участкам южных склонов распространены разреженные сосновые и березово-сосновые остепненные боры (*Carex pediformis* *Artemisia santolinifolia*). Степной компонент представлен комплексом формаций дауро-монгольских степей: ковыльными (*Stipa krylovii*, *S. baicalensis*, *S. sibirica*), мелкодерновиннозлаковыми – мятликовыми (*Poa attenuata*), типчаковыми (*Festuca lenensis*), житняковыми (*Agropyron cristatum*), змеевковыми (*Cleistogenes squarrosa*), вострецовыми (*Leymus chinensis*) и полынными (*Artemisia sericea*, *A. commutata*, *A. frigida*) сообществами. Галофитные (*Puccinellia tenuiflora*, *P. macranthera*) комплексы занимают днища ложбин, прибрежные места у соленых озер на западном побережье Байкала [16].

В Тувинской части **Саяно-Южнобайкальского оробиома (49)** лесостепной пояс с типичными лиственничными (*Larix sibirica*) лесами и луговыми степями выражен фрагментарно на низкогорных останцах, грядках и мелкосопочниках, по периферии степных котловин (900-1400 м). В степном компоненте горной лесостепи преобладают сообщества дауро-монгольского комплекса формаций разнотравно-дерновиннозлаковых степей: тонконогово (*Koeleria cristata*)-типчаковые (*Festuca valesiaca*), полынно-ковыльные (*Stipa krylovii*), карагановые (*Caragana bungei*). В полосе среднегорий по южным склонам преобладают овсецовые (*Helictotrichon altaicum*) и стоповидноосоковые (*Carex pediformis*) луговые степи [15].

В поясе оробореальной лесостепи Джидинского нагорья (500-800 м) для горных степей характерны дерновиннозлаковые (*Koeleria cristata*, *Agropyron cristatum*, *Helictotrichon schellianum*, *Achnatherum sibiricum*) сообщества с участием видов дауро-монгольских степей (*Andropogon sibirica*, *Stellera hamaejasme*, *Melica virgata*). В составе экспозиционных сочетаний лесостепи значительную роль играют сообщества мезоксерофильных и ксерофильных кустарников: *Cotoneaster melanocarpus*, *Caragana pygmaea*, *Ribes diacantha*, *Spiraea aquilegifolia*. На южных степных склонах развиты петрофитноразнотравные серии на элювиально-делювиальных отложениях. Особо следует отметить сообщества засухоустойчивых и листопадных кустарников (даурских шибляков) – абрикосников (*Armeniaca sibirica*), миндальников (*Amygdalus pedunculata*) с жостером (*Rhamnus erythroxylon*), которые имеют генетические связи с прашибляковой растительностью Внутренней Азии [17].

Степной пояс (500-900 м). В Тувинской Улуг-Хемской и Хемчикской котловинах преобладают мелкодерновиннозлаковые степи дауро-монгольского комплекса формаций: мятликовые (*Poa attenuata*), типчаковые (*Festuca valesiaca*), тонконоговые (*Koeleria cristata*), ковыльные (*Stipa krylovii*), житняковые (*Agropyron cristatum*), змеевковые (*Cleistogenes squarrosa*). Характерны полидоминантные сообщества степей часто с участием караган (*Caragana pygmaea*, *C. bungei*). В степях сочетаются южносибирские степные элементы (*Hedysarum gmelinii*, *Carum buriaticum*, *Seseli buchtormense*, *Onosma gmelinii*) с видами дауро-монгольских степей (*Euphorbia mongolica*, *E. tshuiensis*, *Artemisia obtusiloba*, *Allium mongolicum*, *Dontostemon perennis*) [14]. В Тувинской котловине для вершин останцовых гор, крутых южных склонов характерны петрофитные варианты дерновиннозлаковых степей (*Elytrigia gmelinii*, *E. geniculata*, *Arctogeron gramineum*, *Chamaerhodos altaica*), северные склоны увалов покрыты своеобразными плаунковыми (*Selaginella sanguinolenta*) мезопетрофитными сообществами и обширными зарослями караганы колючей (*Caragana spinosa*). Здесь проходит западная граница ареала этих редких плаунковых степей центральноазиатского типа. К периферическим окраинам котловин, к условиям низкогорий приурочены крупнодерновиннозлаковые степи: овсецовые (*Helictotrichon desertorum*, *H. altaicum*), ковыльные (*Stipa capillata*, *S. sibirica*, *S. pennata*), осоковые (*Carex pediformis*) [14, 15].

В центральной части котловин, по пологим подгорным равнинам распространены опустыненные степи, основу разреженного покрова которых составляет *Stipa glareosa* с участием: *Cleistogenes squarrosa*, *Agropyron cristatum*, *Stipa krylovii*, *Bassia prostrata*, *Artemisia frigida* и др. Встречаются змеевково-житняковые, полынно-дерновиннозлаковые, тырсовые участки степей. По каменисто-щебнистым шлейфам горных гряд отмечаются опустыненные степи (*Nanophyton erinaceum*, *Astragalus monophyllus*, *Microstigma deflexum*) с дерновинными злаками (*Stipa glareosa*, *S. krylovii*, *Cleistogenes squarrosa*, *Agropyron cristatum*) с участием центральноазиатских видов (*Allium mongolicum*, *Artemisia obtusiloba*). На южном макросклоне нагорья Сенгилен степной пояс начинается с дерновиннозлаковых степей с участием пустынно-степных видов (*Stipa glareosa*, *Bassia dasyphylla*, *Atraphaxis pungens*), выше идет полоса карагановых (*Caragana pygmaea*, *C. spinosa*, *C. bungei*) степей, переходящая в горную лесостепь выше 1500 м [15].

Единственный в своем роде степной высотно-поясной спектр свойственен **Юго-Восточноалтайско-Тувинскому оробиому (66)**. Фрагменты реликтовой экспозиционной лесостепи встречаются в западной части массива Монгун-Тайга и локально по хребтам Юго-Восточного Алтая. Лиственничные (*Larix sibirica*) леса ритидиево-зеленомошной группы встречаются на северном макросклоне массива в диапазоне высот 2000-2400 м. Парковые остепненные лиственничники (*Millium effusum*, *Galium verum*, *Vupleurum multinerve*, *Saussurea alpina*) занимают делювиальные шлейфы склонов. Обширные пространства на высотах от 1800 до 2600 м покрыты степями с преимущественным преобладанием степей типчаковой формации [13, 17].

Для биома характерен степной пояс с хорошо выраженными подпоясами сухих настоящих и опустыненных степей дауро-монгольского комплекса формаций. В подпоясе настоящих степей (1800-2200 м) преобладают степи крыловоковыльной (*Stipa krylovii*), типчаковой (*Festuca valesiaca*, *Festuca lenensis*), тонконоговой (*Koeleria cristata*), мелкодерновиннозлаковой (*Festuca lenensis*, *Poa attenuata*, *Agropyron cristatum*, *Koeleria cristata*) формаций. Характерна высокая встречаемость степных кустарников (*Caragana bungei*, *C. pygmaea*). Овсцовые степи (*Helictotrichon altaicum*) характерны для западной части биома.

Своеобразие опустыненных степей биома состоит в совместном участии разных по происхождению и распространению типов сообществ на контакте монгольских и центральноазиатских аридных ботанико-географических областей. В подпоясе опустыненных степей (1300-1800 м) в нижней полосе преобладают карагановые (*Caragana bungei*) полынно-мелкодерновиннозлаковые степи, переходящие выше в полынно-ковыльковые в разной степени закустаренные сообщества на южных склонах и осоково (*Carex pediformis*)-злаковые на склонах северных экспозиций. На высотах 1300-1600 м встречаются плаунковые (*Selaginella sanguinolenta*) сообщества [14, 15]. Помимо змеевковых (*Cleistogenes squarrosa*), холоднополынных (*Artemisia frigida*) сухих степей в растительном покрове важную роль играют сообщества с эдификаторами из числа пустынно-степных видов – бассии (*Bassia prostrata*), терескена (*Krascheninnikovia ceratoides*), ковылька (*Stipa glareosa*); содоминантами которых выступают центральноазиатские виды (*Gueldenstaedtia monophylla*, *Allium mongolicum*, *Artemisia obtusiloba*, *Potentilla astragalifolia*, *Anabasis brevifolia*); широкое распространение имеют производные сообщества осоковой степи (*Carex duriuscula*).

В тувинской части биома выделяются сообщества пустынного джунгаро-туранского вида нанофитона (*Nanophyton erinaceum*), реликтовый характер которых (плиоценовый возраст) неоднократно отмечался многими ботаниками. По берегам многочисленных озер (чаще бессточных) образуются полосы галофитной растительности: от группировок сочных солянок – волоснецовых (*Leymus paboanus*) и бескильнецевых (*Puccinellia tenuiflora*) лугов – до сообществ чия (*Stipa splendens*) [15].

Таблица 1 – Климатические типы горных степей Сибири: биоклиматические параметры, границы распространения

№ биома	Высотные пояса (высоты в м над ур. м.)	Климатические показатели*			Климатипы горных степей (количество видов сосудистых растений)
43	Верхояно-Колымский гипоарктическо-таежный оробиом				
Подпояс лиственничной лесостепи (400-1200 м)		-11,9±1,4	800-1000	251±59	Реликтовые криоксерофитные степи (порядка 100 видов).
44	Североохотский гипоарктическо-таежный оробиом				
Горнотаежный пояс лиственничных лесов (0-200 м)		-9,6±1,0	600-800	351±43	Фрагменты криоксерофитных степей на скалах и защищенных от ветра склонах.
47	Алтае-Саянский южносибирский таежно-степной оробиом				
Лесостепной (400-1000 м)		1,4±1,2	1800-2000	665±245	Березовая, лиственничная лесостепь с комплексом западносибирских луговых степей и остепненных лугов (400 видов).
Лесостепной		1,4±1,2		492±183	Лиственничная лесостепь с комплексом южносибирских формаций.
Горнотепной (400-1500 м)		0,7±2,0	2000-2400	414±113	Комплекс западносибирских луговых и южносибирских дерновиннозлаковых степей (350 видов). В степном, лесостепном и подтаежно-лесостепном поясах более 1200 видов.
48	Восточноаянско-Прибайкальский южносибирский таежно-степной оробиом				
Лесостепной		-0,3±1,3	1000-1100	442±100	Лиственничная лесостепь с южносибирским комплексом дерновиннозлаковых степей
Горнотепной (700-900 до 1300 м)		1,2±2,3	1400-1800	400±600	Комплекс формаций южносибирских дерновиннозлаковых степей В подтаежно-лесостепном комплексе в целом 1250 видов
49	Саяно-Южнозбайкальский южносибирский таежно-степной оробиом				
Лесостепной (500-800 до 1400 м)		-0,4±1,1	1500-2000	331±86	Экспозиционное сочетание лиственничных лесов с комплексом дауро-монгольских степей. В лесостепном поясе порядка 700 видов.
Горнотепной (500-900 м)		-0,4±1,6	2000-2100	310±72	Комплекс дауро-монгольских дерновиннозлаковых и опустыненных степей. В лесостепном и степном – 1300 видов.
50	Прибайкальско-Момский южносибирский таежный оробиом				
Лесостепной (400-700 м)		-2,3±1,3	1500-1700	298±55	Экспозиционные сочетания сосновых, лиственничных лесов и дерновиннозлаковых степей дауро-монгольского комплекса формаций. В подтаежно-лесостепном комплекс 1050 видов
52	Южнозбайкальский таежный оробиом				
Лесостепной (500-700 до 1000 м)		-1,8±1,2	1400-1700	351±64	Восточносибирская лиственнично-сосновая лесостепь с комплексом дауро-монгольских степей. В лесостепном поясе 700 видов.
66	Восточноалтайско-Тувинский пустынно-степной оробиом				
Лесостепной (2000-2400 м)		-2,4±1,9	2000	235±36	Фрагменты реликтовой лиственничной лесостепи с дауро-монгольскими степями
Горнотепной (1800-2600 м)		-1,9±2,1	2400	205±60	Комплекс дауро-монгольских дерновиннозлаковых и опустыненных степей с участием центральноазиатских видов. В лесостепном и степном поясах 900-1000 видов.

Примечание: *столбцы 3- ср. год. темп. воздуха в °C, 4- сумма активных температур ($t > 10^{\circ}\text{C}$) для биома и ср. год. темп. июля – для поясов; 5- ср. год. кол-во осадков (мм); 1-номер биома

Концепция экосистемного (биомного) разнообразия позволяет раскрыть закономерности формирования биоразнообразия гор согласно структуре высотно-поясных спектров, сложившихся флороценотических комплексов и их связи с биоклиматическими параметрами на градиентах поступающего на горные склоны тепла и увлажнения (табл. 1). Соотношение в пределах биома климатических сообществ зональных экосистем (климатипов), ценоценозического состава сопутствующих экосистем (эдафических, экологических вариантов, редких и уникальных экосистем) и их биоты дают основание для определения состояния и сохранности экологического потенциала горной территории.

Выводы

Горные степи Сибири распространены в широком зональном диапазоне, вместе с тем формирование растительного покрова горных степей происходит в соответствии с высотным градиентом поясного спектра при сопряженном действии других факторов, которые, не находя прямой корреляции с изменением абсолютной высоты, вносят свой вклад в региональную специфику состава горных экосистем.

Самое северное распространение горных степей связано с гипоарктическим поясом Северо-Востока Сибири, где криоксерофитные сообщества степей сочетаются с лесами самой северной формации лиственницы Каяндера в составе лесостепного пояса. Отдельные фрагменты криоксерофитных степей прослеживаются в гипоарктических горных тундрах Чукотки и Колымы. Высотные пределы распространения колеблются от 400-1200 м. В составе криофитных степей участвуют виды плейстоценового флористического комплекса и виды автохтонного криофильно-степного элемента флоры горных тундр Субарктики [9].

Для Восточносибирского сектора гор характерны лесостепные сочетания сосновых, лиственничных из лиственницы Гмелина лесов со степями монголо-даурского комплекса формаций, которые к югу постепенно выходят на основные позиции горных склонов, образуя самостоятельный пояс степей. Экспозиционная лесостепь распространена на высотах 400-1400 м, степной пояс поднимается до 800-900 м. Это наиболее развитая часть горных степей Сибири. В горах Южной Сибири преобладает комплекс южносибирских формаций. В горной лесостепи Алтай березовые, лиственничные из сибирской лиственницы леса сочетаются на горных склонах со степями южносибирского комплекса формаций на высотах 400-1500 м. Выделяется и особняком стоит пустынно-горностепной оробиом Южной Тувы и Юго-Восточного Алтая, для которого характерно остепнение растительности всех высотных поясов, а в составе степного пояса выделяются подпояса дерновиннозлаковых и опустыненных степей дауро-монгольского комплекса формаций с участием многих центральноазиатских видов и сообществ. Здесь отмечается распространение степей по всему горному профилю (1800-2600 м), самое высокое проникновение степей в горы и непосредственный контакт степных и тундровых сообществ. Экологическую структуру биомов дополняет количественная оценка разнообразия сосудистых растений. Основу видового богатства лесостепного и степного поясов обеспечивают порядка 1000-1300 видов в составе каждого оробиома. Наиболее бедно представлена степная фракция флоры в гипоарктических оробиомах. Состав степной флоры, генетический и географический ее элементы значительно различаются в зависимости от географического положения горных биомов в общей системе биоразнообразия биомов России. Географическая изменчивость в видовом разнообразии степного компонента биомов является следствием распределения отдельных видов и сообществ в пространстве, выявляя его бета-разнообразие по Whittaker (1972). Региональный уровень исследований определяет за климатом важнейшую роль в развитии горных экосистем и их компонентов. Вместе с тем, прослеживается и участие степей в различных географо-генетических комплексах формаций разного возраста и происхождения. Наиболее широкое распространение степного компонента на значительном диапазоне высот связано с поясом экспозиционной лесостепи, развивающейся в горах

Сибири с плейстоцена [18]. Оценка типологического разнообразия и современного состояния горных степей, выявление закономерностей их положения в высотно-поясной структуре, сравнительная характеристика оробиомов являются ключевыми проблемами, решаемыми в рамках фундаментальных биогеографических исследований по географии биоразнообразия, и востребованы практической сферой в природопользовании. Как известно, проблема охраны биологического разнообразия не сводится только к охране отдельных, часто редких таксонов. Генеральная стратегия сохранения биоразнообразия в горах должна быть ориентирована на сохранение набора экосистем и совокупностей видов в их пространственном распределении с учетом уникальной высотно-поясной структуры, свойственной каждому оробиому.

Благодарности

Работа выполнена в рамках Государственного задания по теме НИР: «Пространственно-временная организация экосистем в условиях изменений окружающей среды» (ГЗ), подтеме: Биогеографическое картографирование в исследовании разнообразия, географии и динамики экосистем.

Список литературы

1. Сочава В.Б. Географические аспекты сибирской тайги. Новосибирск: Наука, 1980. 256 с.
2. Огуреева Г.Н. Эколого-географический подход к изучению разнообразия и географии наземных экосистем // Вопросы географии. 2012. Т. 134. С. 58-80.
3. Walter H., Breckle S.-W. Ökologische Grundlagen in globaler Sicht. Stuttgart: G. Fischer, 1991. 586 p.
4. Юрцев Б.А. Эколого-географическая структура биологического разнообразия и стратегия его учета и охраны // Биологическое разнообразие: подходы к изучению и сохранению. СПб: БИН РАН, 1992. С. 7-21.
5. Тишков А.А. Ценофонд: пути формирования и роль сукцессий // Биологическое разнообразие: подходы к изучению и сохранению: Сб. науч. работ. СПб: ЗИН РАН, 1992. С. 21-34.
6. Карта «Биомы России» в серии карт природы для высшей школы. (М 1:7500000). Науч. ред. проф. Г.Н. Огуреева. Москва: WWF России, 2018.
7. Биоразнообразие биомов России. Равнинные биомы / Под ред. Г.Н. Огуреевой. Москва: ФГБУ «ИГКЭ», 2020. 623 с.
8. Бочарников М.В. Связь фитоценологического разнообразия Северовосточно-Забайкальского оробиомов с биоклиматическими показателями // Ботанический журнал. 2022. Т. 107. № 3. С. 211-236.
9. Юрцев Б.А. Реликтовые степные комплексы Северо-Восточной Азии. Новосибирск: Наука СО, 1981. 198 с.
10. Хохряков А.П. Анализ флоры Колымского нагорья. М.: Наука, 1989. 152 с.
11. Намзалов Б.Б. Степи Южной Сибири. Новосибирск-Улан-Удэ, 1994. 309 с.
12. Пешкова Г.А. Растительность Сибири (Предбайкалье и Забайкалье). Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1985. 145 с.
13. Огуреева Г.Н. Ботаническая география Алтая. М.: Наука, 1980. 189 с.
14. Куминова В.А., Седельников В.П., Маскаев Ю.М. [и др.]. Растительный покров и естественные кормовые угодья Тувинской АССР. Новосибирск: СО АН СССР, 1985. 256 с.
15. Намзалов Б.Б. Степи Тувы и Юго-Восточного Алтая. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2015. 294 с.

16. Пешкова Г.А. Флорогенетический анализ степной флоры гор Южной Сибири / Отв. ред. Л.И. Малышев. Новосибирск: Наука, 2001. 192 с.
17. Намзалов Б.Б., Холбоева С.А., Королюк А.Ю., Басхаева Т.Г., Цыренова М.Г., Монгуш А.М. Особенности структуры лесостепи в экотонной зоне Южной Сибири и Центральной Азии // Аридные экосистемы. 2012. Т.18. № 2(51). С. 17-27.
18. Камелин Р.В. Материалы по истории флоры Азии (Алтайская горная страна). Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 1998. 240 с.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 15.02.2023

Принята к публикации 16.03.2023

GEOGRAPHY OF ECOSYSTEM AND BIOTIC DIVERSITY OF THE SIBERIAN MOUNTAIN STEPPES

G.Ogureeva

Lomonosov Moscow State University, Russia, Moscow

e-mail: ogur02@yandex.ru

The biogeography considers the diversity of mountain ecosystems and their biota on the basis of the ecosystem concept and the ecological-geographical approach to data interpretation due to the three-dimensional structure and the high degree of differentiation of ecotopes. The mountain biome (orobiome) is an integral indicator of the historically developed high-altitude zone structure of the vegetation cover and the biota adaptation to a specific combination of ecosystems within high-altitude zones. The characteristics of the mountain steppes of nine orobiomes of Siberia are given, which provides comparative information about the geography of species and communities. Historically formed geographical and genetic complexes of steppe formations occupy different high-altitude levels in the mountain biomes of Siberia.

Key words: ecosystem, steppes, mountain biome, geography of biodiversity, climatypes.

References

1. Sochava V.B. Geograficheskie aspekty sibirskoi taigi. Novosibirsk: Nauka, 1980. 256 s.
2. Ogureeva G. N. Ekologo-geograficheskii podkhod k izucheniyu raznoobraziya i geografii nazemnykh ekosistem. Voprosy geografii. 2012. T. 134. S. 58-80.
3. Walter H., Breckle S.-W. Okologisshe Grundlagen in global sicht. Stuttgart: G. Fischer, 1991. 586 p.
4. Yurtsev B.A. Ekologo-geograficheskaya struktura biologicheskogo raznoobraziya i strategiya ego ucheta i okhrany. Biologicheskoe raznoobrazie: podkhody k izucheniyu i sokhraneniyu. SPb: BIN RAN, 1992. S. 7-21.
5. Tishkov A.A. Tsenofond: puti formirovaniya i rol' suksessii. Biologicheskoe raznoobrazie: podkhody k izucheniyu i sokhraneniyu: Sb. nauch. rabot. SPb: ZIN RAN, 1992. S. 21-34.
6. Karta "Biomy Rossii" v serii kart prirody dlya vysshei shkoly. Nauch. red. prof. G.N. Ogureeva (M 1:7500000). Moskva: WWF Rossii, 2018.
7. Bioraznoobrazie biomov Rossii. Ravninnnye biomy. Pod red. G.N. Ogureevoy. Moskva: FGBU "IGKE", 2020. 623 s.

8. Bocharnikov M.V. Svyaz' fitotsenoticheskogo raznoobraziya Severovostochno-Zabaikal'skogo orobioma s bioklimaticheskimi pokazatelyami. Botanicheskii zhurnal. 2022. T. 107. N 3. S. 211-236.
9. Yurtsev B.A. Reliktovye stepnye komplekсы Severo-Vostochnoi Azii. Novosibirsk: Nauka SO, 1981. 198 s.
10. Khokhryakov A.P. Analiz flory Kolym'skogo nagor'ya. M.: Nauka, 1989. 152 s.
11. Namzalov B.B. Stepi Yuzhnoi Sibiri. Novosibirsk-Ulan-Ude, 1994. 309 s.
12. Peshkova G.A. Rastitel'nost' Sibiri (Predbaikal'e i Zabaikal'e). Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie, 1985. 145 s.
13. Ogureeva G.N. Botanicheskaya geografiya Altaya. M.: Nauka, 1980. 189 s.
14. Kuminova V.A., Sedel'nikov V.P., Maskaeв Yu.M. [i dr.]. Rastitel'nyi pokrov i estestvennye kormovye ugod'ya Tuvinskoi ASSR. Novosibirsk: SO AN SSSR, 1985. 256 s.
15. Namzalov B.B. Stepi Tuvy i Yugo-Vostochnogo Altaya. Novosibirsk: Akademicheskoe izd-vo "Geo", 2015. 294 s.
16. Peshkova G.A. Florogeneticheskii analiz stepnoi flory gor Yuzhnoi Sibiri. Otv. red L.I. Malyshev. Novosibirsk: Nauka, 2001. 192 s.
17. Namzalov B.B., Kholboeva S.A., Korolyuk A.Yu., Baskhaeva T.G., Tsyrenova M.G., Mongush A.M. Osobennosti struktury lesostepi v ekotonnoi zone Yuzhnoi Sibiri i Tsentral'noi Azii. Aridnye ekosistemy. 2012. T.18. N 2(51). S. 17-27.
18. Kamelin R.V. Materialy po istorii flory Azii (Altaiskaya gornaya strana). Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 1998. 240 s.

Сведения об авторах:

Галина Николаевна Огуреева

Д.г.н., профессор, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ORCID 0000-0002-5407-9792

Galina Ogureeva

Doctor of Geographical Sciences, professor, Lomonosov Moscow State University

Для цитирования: Огуреева Г.Н. География экосистемного и биотического разнообразия горных степей Сибири // Вопросы степеведения. 2023. № 1. С. 4-15. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-1-4-15

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ПРОМЕРЗАНИЯ ПОЧВЫ В ФОРМИРОВАНИИ СТОКА ВЕСЕННЕГО СНЕГОВОГО ПОЛОВОДЬЯ В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕГО ДОНА

В.А. Дмитриева

Воронежский государственный университет, Россия, Воронеж

e-mail: verba47@list.ru

Цель данного исследования – показать перераспределение доминирующей роли прямых и косвенных факторов формирования максимального стока весеннего половодья. При наличии снежного покрова, но не глубоком зимнем промерзании почвы и быстром ее оттаивании весной состояние почвы в совокупности с режимом температуры воздуха способно изменить процесс формирования максимумов и объемов весеннего стока. Временные колебания максимальных расходов воды и наибольшей глубины промерзания синфазны.

Ключевые слова: атмосферные осадки, промерзание почвы, максимальный сток, половодье.

Введение

Речной сток – процесс многофакторный, определяемый природно-климатическими и антропогенными условиями. Персональная роль каждого из указанной группы факторов может меняться во времени и пространстве, зависеть от множества причин, конкретного их сочетания и проявления. Реки, оставаясь «продуктом климата», естественным образом реагируют на все изменения, происходящие в земной атмосфере. Планетарные колебания климата, отраженные на региональных территориях, вызывают реакцию водной среды. Многочисленные исследования гидрологического режима рек указывают на существенные изменения водного, ледового и термического режима, режима стока наносов и переноса веществ в водных потоках [1-6]. В тоже время механизм взаимодействия природно-климатических факторов и речного стока не до конца изучен, и ответная реакция последнего на многообразие сочетаний состояния подстилающей поверхности в условиях меняющегося климата остается в научном аспекте актуальной.

В настоящем исследовании обращено особое внимание на состояние почвы, а именно, глубину промерзания почвы в предзимний, зимний и весенний периоды накануне и в процессе снеготаяния. При этом не рассматриваются водно-физические свойства почвы, участвующих в этом процессе, являющихся самостоятельной гидрологической задачей исследования.

Материалы и методы

Базовая информация исследования представлена метеорологическими данными по атмосферным осадкам (месячные и годовые суммы, максимальные и минимальные величины), температуре воздуха, глубине промерзания почвы, высоте снега и запасам воды в нем за период наблюдений на 9 метеостанциях Воронежской области, среднемесячным, годовым, наибольшим и наименьшим расходам воды за периоды наблюдений в бассейне Верхнего Дона, экстремальным значениям стоковых характеристик. Материалы заимствованы из кадастровых источников, интернет-ресурсов, архивных фондов Воронежского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Расчеты и анализ выполнены с применением методов географо-гидрологического, математико-статистических, сравнения, графического и др. В достижении поставленной цели использовались литературные источники, научные статьи. Расчеты выполнены в программных продуктах MSExcel, Statistica.

Результаты и обсуждение

Многоводные фазы водного режима: половодье и паводок – находятся в тесной зависимости от количества, вида, интенсивности, длительности выпадения атмосферных осадков на поверхность речного водосбора. Для снегового половодья в бассейне Верхнего Дона существенную роль играет снегонакопление холодного периода и сезона зимы, высота снежного покрова и запасы воды в снеге к началу снеготаяния. За счет более позднего осеннего снегообразования, нередко переходящего на декабрь, продолжительность устойчивого снежного покрова для бассейна сокращается, как это отмечается и в целом для ЕТР [7].

В количестве сезонных атмосферных осадков значимо выраженных тенденций не прослеживается. Зимние осадки, актуальные для образования половодного стока, четкого тренда роста или снижения не имеют. Колебания среднесезонных сумм (Р, мм) осадков весны, лета и осени приобретают пилообразный характер (рис. 1). Лишь с некоторым допущением можно утверждать о снижении осенних осадков примерно после 1992 года и небольшом росте весенних осадков после 2002 года.

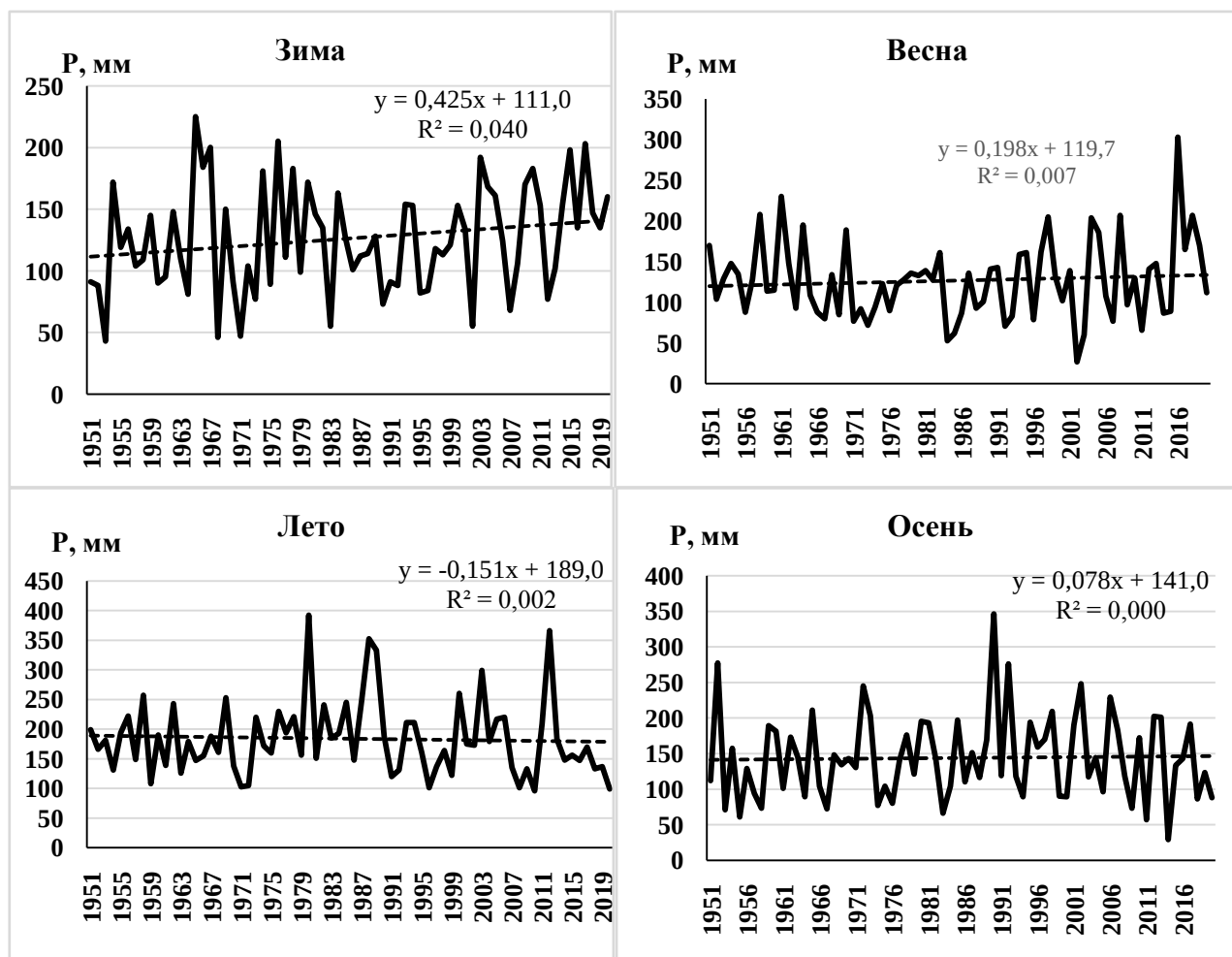


Рисунок 1 – Сезонные осадки по метеостанции Воронеж за 1951-2020 годы

Исходя из графического представления сезонных осадков за 70-летний период наблюдений на метеостанции Воронеж, можно констатировать, что существенных изменений в их количестве не отмечается. Распределение сумм осадков по сезонам внутри года в многолетних расчетах составляет зимой 21 %, весной 22 %, летом 32 %, осенью 25 % от годовой суммы 579 мм. Следовательно, количество осадков и их динамика не могут вызывать изменения в объемах снегового половодья и весеннего сезонного стока, происходящие на реках европейской России и, в частности, в бассейне Дона [8]. Очевидно, что ведущую роль в данных условиях играют иные элементы гидрологического цикла. Обратимся к температуре воздуха, ее изменениям и связанными с ними процессами на водосборе.

Метеорологические факторы, а именно, нарастание или снижение температуры воздуха интенсифицирует или замедляет процесс таяния снега и дружность половодья. Изменение климата, прежде всего повышение температуры воздуха, регистрируемое как на глобальном, так и региональном уровнях, является мощным триггером современных природных процессов. На европейской территории России прогревание атмосферы, как отмечается в [6, 9], фиксируется в течение всего текущего века, а период 2015-2020 гг. был самым теплым шестилетием, а период 2011-2020 гг. – самым теплым десятилетием за все годы наблюдений. В бассейне Дона на территории Воронежской области наблюдается резкое увеличение среднегодовой температуры воздуха после 1987 года. Указанный год является рубежным в многолетней динамике температурной характеристики, после которого формируется постоянное и неуклонное потепление. В колебаниях среднегодовой температуры воздуха за 1951-2020 гг. завершающий период рассмотрения 2020-ый год, стал самым теплым, с самой высокой среднегодовой температурой, превысив наибольшую 2002-го и аномально высокую 2010-го годов (рис. 2). Аналогичный ход температуры наблюдается и по всем метеостанциям области.

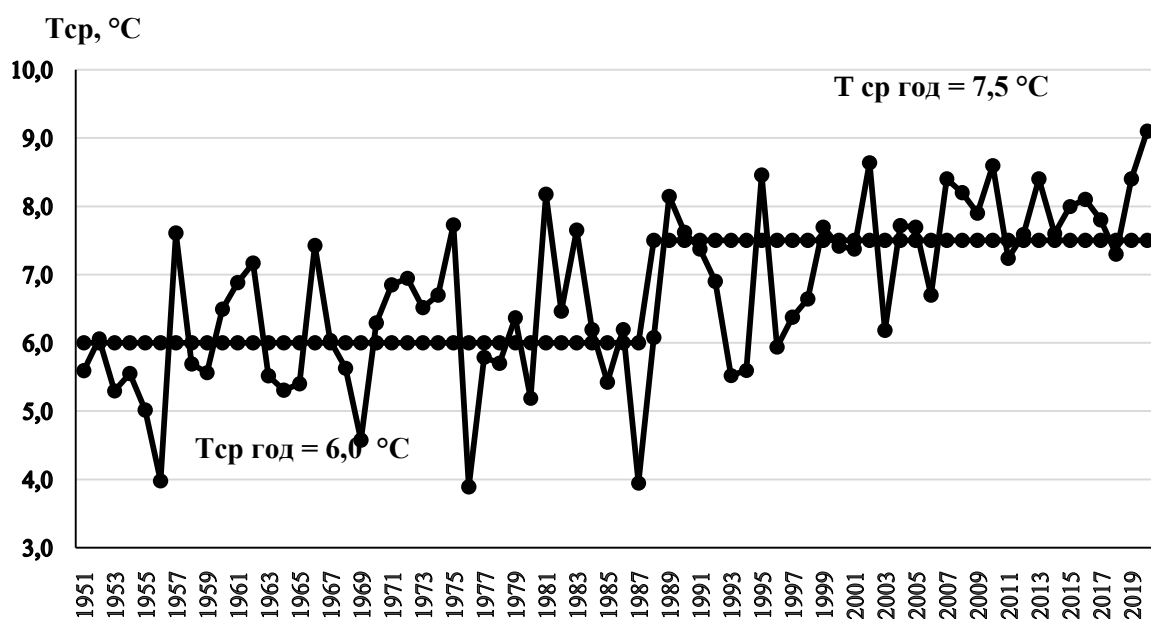


Рисунок 2 – Среднегодовая температура воздуха по метеостанции Борисоглебск за 1951-2020 годы

Повышение температуры происходит за счет наибольшего вклада зимнего прогревания атмосферы. Ее увеличение сопровождается слабым промерзанием почвы, а низкая глубина промерзания верхнего деятельного слоя почвы меняет условия снеготаяния и образования поверхностного склонового стока. Мерзлая земля в начальный период снеготаяния играет роль водоупора, не пропускающего воду вглубь почвы. Талая земля,

напротив, хорошо фильтрует воду в почву. Водоемкость почвенного слоя еще более возрастает, если осеннее увлажнение было небольшим. Сухая или мало увлажненная почва способна аккумулировать талую воду, сокращая образование поверхностного склонового и речного стока. В последние годы текущего столетия относительно теплые зимы не способствуют глубокому промерзанию почвы, которое оказывается ниже или значительно ниже среднемноголетней величины (нормы) (рис. 3).

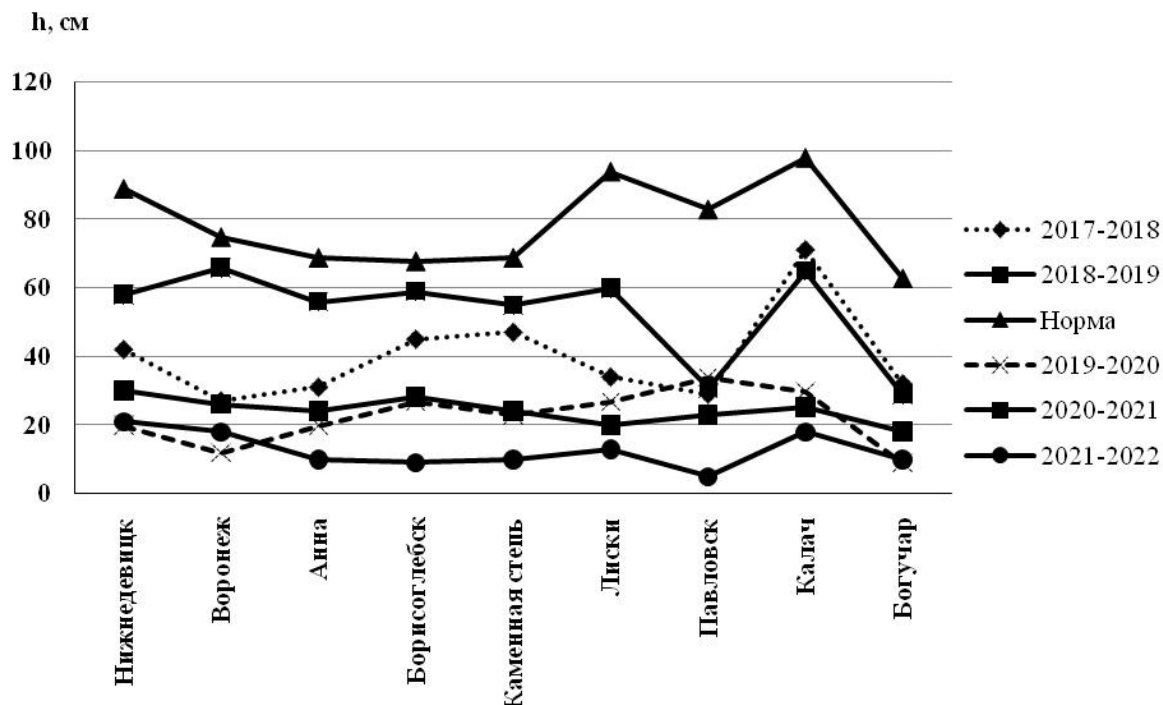


Рисунок 3 – Наибольшая глубина зимнего промерзания почвы к началу снеготаяния по данным метеостанций Воронежской области

Состояние почвы с предзимья, зимы до начала снеготаяния может изменить процесс половодья, а при многократных и постоянных повторениях скорректировать многолетний генезис максимальных расходов, поверхностного склонового и максимального стока [8]. Подобного характера трансформации в генезисе наблюдаются в современном режиме максимального стока весеннего снегового половодья на реках Дона.

При небольшой глубине промерзания в начальный момент снеготаяния часть воды впитывается почвой. Способность поглощения воды почвой зависит от типа почвы и ее физического состояния на момент начала снеготаяния. При полном заполнении пор и пустот почвы водой, а также мелких понижений рельефа местности потери поверхностного склонового стока минимизируются и начинает образовываться поверхностный склоновый сток, который, достигая русловую емкость, становится русловым стоком. При подобном сценарии стока половодья часть его затрачивается на пополнение запасов грунтовых и подземных вод, а оставшаяся часть образует речные воды половодья. Излишки стекающей воды образуют максимальные расходы воды в речном потоке. При этом закономерно снижается объем поверхностного и склонового стока и возрастает объем грунтового и подземного стока. Глубина промерзания почвы и максимальный расход воды чаще синфазны, и графики хода характеристик совпадают (рис. 4).

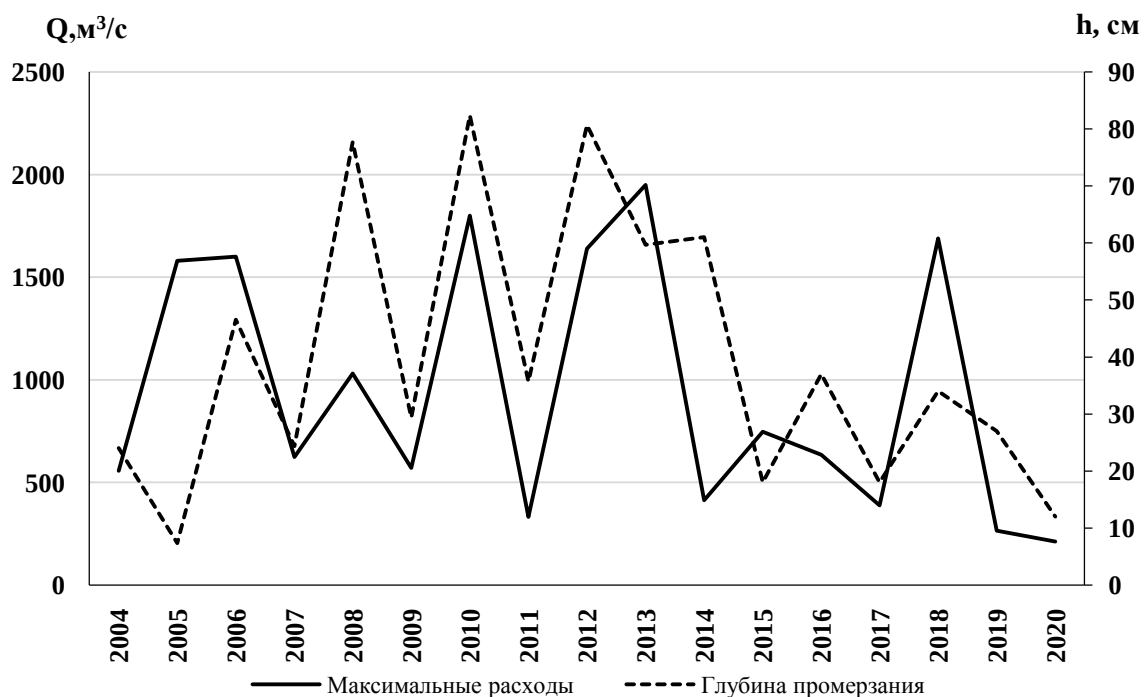


Рисунок 4 – Максимальная глубина промерзания почвы (метеостанция Лиски) и максимальные расходы снегового половодья (р. Дон – г. Лиски)

Важную роль в формировании максимального стока играют снеготалоходы и водозапасы в снеге к началу снеготаяния. Как показывают материалы стационарных наблюдений на метеостанциях Воронежской области, высота снежного покрова в текущем столетии не выходит из диапазона средних значений 20-40 см, исключение составляет лишь зима 2018-2019 года, в которую в конце января высота снега на востоке Воронежской области достигала 84 см, а на остальной части – 44-73 см. Запасы воды в снеге выросли до максимальных значений в первой декаде февраля и на востоке области (метеостанция Борисоглебск) составили 189 мм, а на остальной части – 89-151 мм. Со второй декады февраля они начали уменьшаться. Несмотря на обильные снежные запасы и объемы воды, заключенные в них, достаточные для большого половодья, весенний разлив рек не был высоким, по величине ближе к средним значениям. Связано это с тем, что глубина промерзания почвы максимального значения 28 см достигла в первой декаде января, а в следующем месяце происходило постепенное оттаивание земли под пологом снежного покрова. В результате, вопреки благоприятным предпосылкам, половодье 2019 года не отличалось высокой водностью. Таким образом, подтверждается предположение о главенствующей роли состояния подстилающей поверхности, почвенного слоя, в современном генезисе половодья.

Но гидрологическая память хранит сведения о другом состоянии почвы, коренным образом изменившем типовую форму гидрографа. Так, зима 1952-1953 года в Воронежской области, как и на европейской части России, отличалась суровостью, с постепенным нарастанием среднемесячной температуры воздуха от минус 6,0°C в декабре до минус 13,5°C в феврале при количестве осадков и высоте снежного покрова в 1,5 раза ниже нормы. К концу февраля глубина промерзания почвы равнялась 102 см по измерениям на метеостанции Лиски, рассматриваемой в качестве примера. Температурный режим марта и даже апреля характеризовался отрицательными значениями, причем средняя месячная температура апреля равнялась минус 7,0°C за счет очень низких значений первой декады апреля. Но с 13 апреля приток солнечного тепла резко увеличился и началось бурное снеготаяние, которое сформировало ветвь подъема половодья в р. Битюг – г. Бобров в

течение 7 суток. В этих условиях мерзлая земля экранировала поступление воды в почву, и талая вода сбегала по склону в русло реки. В результате сложился новый, не характерный для реки с восточно-европейским режимом тип водного режима и тип гидрографа (рис. 5).

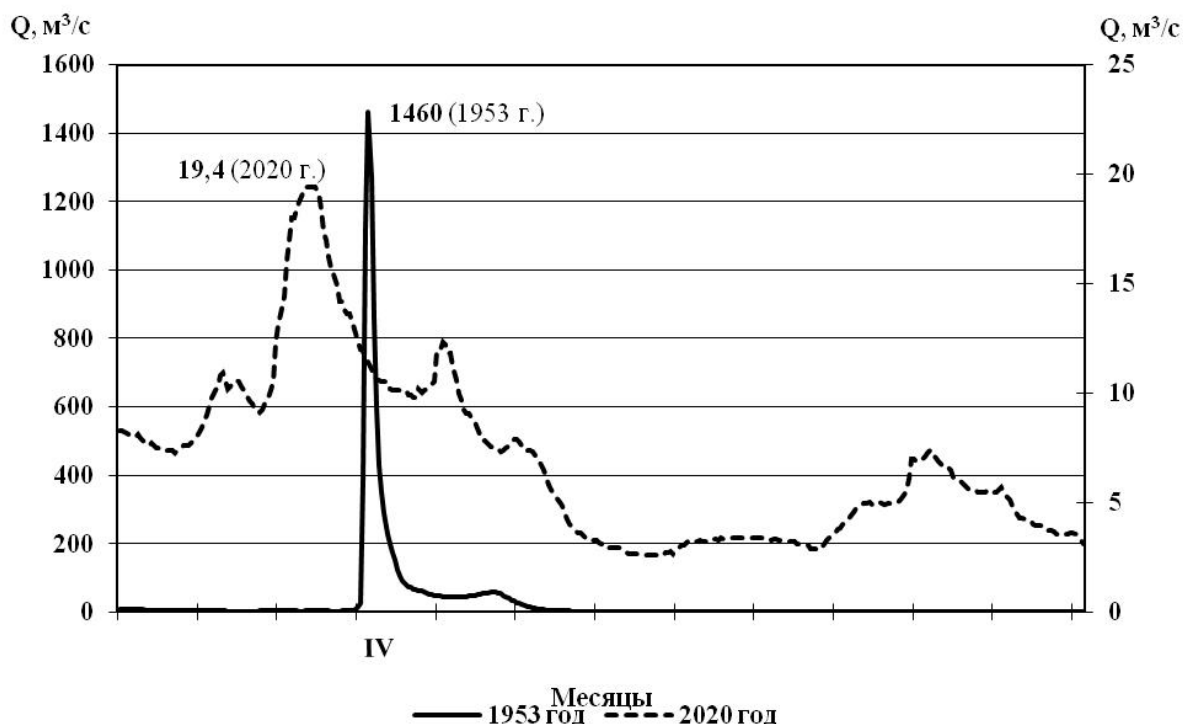


Рисунок 5 – Гидрограф р. Битюг – г. Бобров за 1953 и 2020 годы

За короткий промежуток времени, всего 7 суток, образовался исторический максимум весеннего половодья, остающийся им до настоящего времени. Максимальный расход воды $1530 \text{ м}^3/\text{с}$ при среднесуточном значении $1460 \text{ м}^3/\text{с}$ превышает средний многолетний расход $17,9 \text{ м}^3/\text{с}$ за период наблюдений 1933-2020 гг. в 85 раз. Продолжительность половодья составила рекордно короткие 32 суток.

Исключительно малая глубина максимального промерзания почвы к началу снеготаяния в зимний сезон в ряде случаев формирует вялотекущее половодье. Так, весеннее половодье 2020 года претендует на самое низкое за весь период мониторинговых наблюдений в бассейне Верхнего Дона. Подтверждением сказанному служит гидрограф р. Битюг-г. Бобров за 2020 г. (рис. 5). Ветви подъема и спада половодья характеризуются невысокой интенсивностью нарастания и снижения расходов воды, низкими значениями максимальных расходов, а в многолетнем ряду находятся в области исключительно низких величин. Максимальный расход весеннего половодья 2020 года является экстремально низким за весь период наблюдений с 1933 по 2022 год на гидростворе г. Бобров.

В условиях мягкой зимы и слабого промерзания почвы количество и распределение твердых осадков в формировании максимального стока и прохождении половодья уступают главную роль ведущего природного фактора состоянию почвы. Осеннее увлажнение почвы и толщина слоя промерзшей земли в совокупности с метеорологическими условиями в период снеготаяния являются ведущими как в самом процессе стокообразования, так и в формировании его особенностей, типичных или отличительных черт, аномалий. Применительно к текущему столетию можно говорить о смене ведущих факторов снегового половодья в бассейне Верхнего Дона.

Со сменой доминирования климатического фактора происходит перераспределение объемов речного стока по сезонам внутри года, постепенное снижение доли поверхностного питания в пользу подземного, на что указывает ряд исследователей [1, 2, 4, 6], существенно сокращается поверхностное питание малых и очень малых водотоков, а также и средних в

верховье, имеющих исключительно поверхностное питание. Очевидно, с недостатком поверхностного питания и слабым или отсутствующим подземным при небольшой глубине вреза русел связано отмирание верхних частей малых и средних рек, деградация или полное исчезновение малых и очень малых рек. Авторские исследования состояния малых водотоков в бассейне реки Сосна (Быстрая Сосна), значимого по водности правобережного притока Верхнего Дона, указывают на уменьшение речной сети на 8,2 % за счет полного или частичного исчезновения малых водотоков в течение второго десятилетия текущего века [2]. Аналогичные и очень интенсивные процессы трансформации малых водотоков наблюдаются на юге Воронежской области, в бассейнах рек Черная Калитва, Россошь, Гнилуша, Мамоновка и др. Очевидно, что при прогнозируемом дальнейшем нагревании приземного слоя атмосферы процессы деградации гидрографической сети могут продолжиться.

Выводы

В современных климатических условиях, при активном прогревании приземной температуры воздуха, в генезисе весеннего половодья роль глубины промерзания почвы доминирует над количеством атмосферных осадков и запасов влаги в снеге к началу снеготаяния. Максимальные расходы воды половодья, как правило, синфазны с максимальной глубиной промерзания к началу снеготаяния.

Осеннее влагосодержание почвы регулирует объемы инфильтрации талой воды, формирование склонового стока и поверхностное питание малых водотоков, сроки наступления наибольших (экстремальных) характеристик речного стока. С сокращением поверхностного питания в весенний сезон и недостатком подземного питания в летне-осеннюю межень, предположительно, связана деградация малых водотоков и средних рек в их верховьях.

Список литературы

1. Джамалов Р.Г., Киреева М.Б., Косолапов А.Е., Фролова Н.Л. Водные ресурсы бассейна Дона и их экологическое состояние. М.: ГЕОС, 2017. 205 с.
2. Дмитриева В.А., Поваляев Н.Р. Изменения русловой сети на границе лесостепи и степи в Верхнедонском бассейне и водохозяйственные последствия // Степи Северной Евразии: материалы VIII международного симпозиума. Оренбург, 2018. С. 336-339.
3. Кашутина Е.А., Ясинский С.В., Коронкевич Н.И. Весенний поверхностный склоновый сток на Русской равнине в годы различной водности // Известия РАН. Сер. географическая. 2020. № 1. С. 37-46.
4. Кумани М.В., Шульгина Д.В., Киселев В.В. Многолетняя динамика основных элементов стока рек в пределах Центрального Черноземья // Региональные геосистемы. 2021. № 45(4). С. 617-631.
5. Румянцев В.А., Коронкевич Н.И. Стратегические ресурсы природных вод России. Стратегические ресурсы и условия устойчивого развития Российской Федерации и ее регионов. М., 2014. 166 с.
6. Сивохиц Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А., Падалко Ю.А. Современные изменения водного режима рек бассейна р. Урал // Вопросы географии. 2018. № 145. Гидрологические изменения. С. 298-313.
7. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Наукоемкие технологии, 2022. 124 с.
8. Дмитриева В.А., Сушков А.И., Закусилов В.П. Климатическая обусловленность современных гидроэкологических процессов в речных потоках бассейна Верхнего Дона //

Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2022. № 2. С. 118-127.

9. Научно-прикладной справочник «Климат России» (meteo.ru) [Электронный ресурс]. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/climsprn/faces/index0a.xhtml> (дата обращения: 17.01.2023).

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 10.02.2023

Принята к публикации 16.03.2023

THE HYDROLOGICAL ROLE OF SOIL FREEZING IN THE FORMATION OF SPRING SNOW FLOOD RUNOFF IN THE UPPER DON BASIN

V. Dmitrieva

Voronezh State University, Russia, Voronezh

e-mail: verba47@list.ru

The purpose of this study is to show the redistribution of the dominant role of direct and indirect factors in the formation of the maximum runoff of the spring flood. In the presence of snow cover, but not deep winter freezing of the soil and its rapid thawing in spring, the state of the soil in combination with the air temperature regime can change the process of formation of maxima and volumes of spring runoff. The time fluctuations of the maximum water flow and the greatest freezing depth are in-phase.

Key words: precipitation, soil freezing, maximum runoff, high water.

Referents

1. Dzhamalov R.G., Kireeva M.B., Kosolapov A.E., Frolova N.L. Vodnye resursy basseina Dona i ikh ekologicheskoe sostoyanie. M.: GEOS, 2017. 205 s.
2. Dmitrieva V.A., Povalyaev N.R. Izmeneniya ruslovoi seti na granitse lesostepi i stepi v Verkhnedonskom basseine i vodokhozyaistvennye posledstviya. Step'i Severnoi Evrazii: materialy VIII mezhdunarodnogo simpoziuma. Orenburg, 2018. S. 336-339.
3. Kashutina E.A., Yasinskii S.V., Koronkevich N.I. Vesennii poverkhnostnyi sklonovyi stok na Russkoi ravnine v gody razlichnoi vodnosti. Izvestiya RAN. Ser. geograficheskaya. 2020. N 1. S. 37-46.
4. Kumani M.V., Shul'gina D.V., Kiselev V.V. Mnogoletnyaya dinamika osnovnykh elementov stoka rek v predelakh Tsentral'nogo Chernozem'ya. Regional'nye geosistemy. 2021. N 45(4). S. 617-631.
5. Rumyantsev V.A., Koronkevich N.I. Strategicheskie resursy prirodnkh vod Rossii. Strategicheskie resursy i usloviya ustoichivogo razvitiya Rossiiskoi Federatsii i ee regionov. M., 2014. 166 s.
6. Sivokhip Zh.T., Pavleichik V.M., Chibilev A.A., Padalko Yu.A. Sovremennye izmeneniya vodnogo rezhima rek basseina r. Ural. Voprosy geografii. 2018. N 145. Gidrologicheskie izmeneniya. S. 298-313.
7. Tretii otsenochnyi doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii. Obshchee rezyume. SPb.: Naukoemkie tekhnologii, 2022. 124 s.
8. Dmitrieva V.A., Sushkov A.I., Zakusilov V.P. Klimaticheskaya obuslovlennost' sovremennykh gidroekologicheskikh protsessov v rechnykh potokakh basseina Verkhnego Dona.

Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya. 2022. N 2. S. 118-127.

9. Nauchno-prikladnoi spravochnik «Klimat Rossii» (meteo.ru) [Elektronnyi resurs]. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/climspn/faces/index0a.xhtml> (data obrashcheniya: 17.01.2023).

Сведения об авторах:

Вера Александровна Дмитриева

Д.г.н., профессор кафедры природопользования факультета географии, геоэкологии и туризма, Воронежский государственный университет

ORCID 0000-0002-8464-3593

Vera Dmitrieva

Doctor of Geographical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Nature Management, Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University

Для цитирования: Дмитриева В.А. Гидрологическая роль промерзания почвы в формировании стока весеннего снегового половодья в бассейне Верхнего Дона // Вопросы степеведения. 2023. № 1. С. 16-24. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-1-16-24.

НАУЧНО-ПРИКЛАДНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СТОКА РЕК В БАССЕЙНЕ УРАЛА В XX В. – НАЧАЛЕ XXI В. ЧАСТЬ 1. СТОК И ВОДНЫЙ РЕЖИМ. МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Д.В. Магрицкий¹, *Ж.Т. Сивохип², В.М. Павлейчик², Д.К. Кисебаев³

¹Московский государственный университет, Россия, Москва

²Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

³Филиал РГП «Казгидромет», Казахстан, Алматы

*e-mail: sivohip@mail.ru

В статье представлены итоги анализа и обобщения научных исследований стока и водного режима в бассейне реки Урал в XX в. – начале XXI в. Выделены основные научно-прикладные направления в изучении стока рек исследуемого бассейна и его изменений. По наиболее важным и фундаментальным публикациям приводятся основные результаты. Отмечено, что развитие научных представлений о параметрах стока и водном режиме р. Урала и его притоков, пространственно-временных закономерностях и факторах его изменений развивалось постепенно, в соответствии с запросами водохозяйственного комплекса и во время подготовки крупных монографий, специализированных справочников и др. Можно выделить два наиболее важных периода с наибольшим числом публикаций – это 1960-1980-е годы и современный этап, начиная с 2000-х годов.

Ключевые слова: река, пост, сток, водный режим, параметры, временная и пространственная изменчивость, обзор.

Введение

Река Урал протекает по территории России и Казахстана и является трансграничным водным объектом со всеми присущими для них проблемами совместного использования водных ресурсов. Длина реки 2428 км; площадь бассейна 231 тыс. км², причем 53 % принадлежит России; в бассейне живет менее 4 млн чел. [1], находятся промышленные центры Магнитогорск, Новотроицк, Орск, Оренбург, Уральск, Атырау и Актобе, много предприятий обрабатывающей и добывающей промышленности, масштабное сельскохозяйственное производство. Река имеет важное рыбохозяйственное значение [2].

Вопросам водного стока и режима р. Урал и его притоков, их водно-ресурсного потенциала, аспектам и последствиям водохозяйственной деятельности, и др. стали уделять наибольшее внимание с 1950-1960-х гг. Это напрямую связано, во-первых, с активным послевоенным промышленным и особенно сельскохозяйственным освоением территории бассейна, строительством новых и расширением старых поселений, запуском Ириклинского водохранилища и др., во-вторых, с подготовкой в эти годы фундаментального справочника – монографии «Ресурсы поверхностных вод СССР» [3-5]. Новый и современный этап в исследованиях (с большим числом публикаций) приходится на первую четверть XXI столетия. Вопросы, которые изучались современниками, связаны с климатическими изменениями, водохозяйственной деятельностью и их гидрологическими последствиями, с опасными гидрологическими явлениями, гидроэкологией, дефицитом водных ресурсов и аспектами трансграничного водопользования, а также с разработкой СКИОВО [6], совершенствованием инструментов гидрологических расчетов [7] и продолжающимся гидротехническим строительством. Одной из сложностей в реализации традиционных и новых задач гидрологических исследований в отношении водных объектов в бассейне Урала, по мнению авторов, служит неполное представление о ранее проводившихся подобных

работах и полученных результатах. Это ограничивает правильное формулирование новизны реализованных тем или иным специалистом исследований; делает их результаты неполными, а выводы не всегда объективными; ряд исследований вообще дублируются; между исследовательскими группами отсутствует коллаборация. Серьезных и комплексных исследований истории изучения водного стока и режима рек бассейна Урала, обзора значимых гидрологических работ и содержащихся в них результатов авторами статьи не обнаружено. Тогда как потребность в такой работе очевидна и выше обоснована, в том числе в помощь молодым исследователям, или как справочный или учебный материал для неспециалистов. Материалы представленной статьи новы и опираются на итоги обзора и детального изучения свыше 50 публикаций с 30-х годов XX в. и вплоть до 2021 г. Большинство этих публикаций приводится в Списке литературы к статье. Выбор авторами этого объекта и темы не случаен, поскольку часть таких работ подготовлена сотрудниками МГУ имени М.В. Ломоносова и Института степи УрО РАН.

С учетом детального анализа собранных публикаций авторы предлагают выделить несколько основных научно-прикладных направлений в изучении стока и водного режима рек бассейна Урала:

1. Водный режим рек бассейна, его черты и основные типы.
2. Количественные оценки числовых характеристик стока воды (естественного и фактического) в опорных гидрометрических створах и устье.
3. Пространственно-временные закономерности изменчивости стока, причинно-следственные связи, картирование; обоснование характерных многолетних периодов; сценарные оценки будущих изменений.
4. Водный режим, продольная трансформация стока и динамика вод на устьевом участке.
5. Структура и география водохозяйственной деятельности; величина антропогенного воздействия на сток и режим рек; реконструкция ненарушенного стока.
6. Гидрологические ограничения для населения и хозяйственного комплекса со стороны рек, экстремальные состояния водного режима рек в виде наводнений и маловодий.
7. Дефицит водных ресурсов и аспекты трансграничного водопользования.

Эта статья посвящена первым трем направлениям. Остальные направления освещены в другой статье тех же авторов.

Собранные публикации можно также разделить по географии исследований. Выделяются по меньшей мере три района – верхняя (горная часть) бассейна, главным образом в пределах Челябинской области), средняя часть (включая Ириклинское водохранилище, территорию Оренбургской области, среднюю и нижнюю части бассейн Сакмары) и нижний (по сути, бессточный) участок Урала в пределах Казахстана. В изучении гидрологии бассейна Урала и публикации его результатов принимали участие сотрудники ГГИ, ГОИНа, географического факультета МГУ, СПбГУ, ИВП РАН, Института степи и Оренбургского НЦ УрО РАН, РосНИИВХа, Оренбургского и Башкирского государственных университетов, РГГМУ, Юргинского технологического института, а также коллеги из научных организаций Казахстана.

Результаты и их обсуждение

1. Водный режим рек бассейна и его типы. Изучение и схематизация водного режима р. Урал и его притоков производилось по двум направлениям. Первое – с установлением закономерностей и хронологического хода расходов и уровней воды в течение года, с определением сроков наступления, источников питания и оценкой характеристик фаз водного режима. Второе – с позиций потребностей активно развивавшегося водохозяйственного комплекса и на основе расчетных методов. Это направление было впервые реализовано в [3-5]. Со временем, с учетом новых данных, расчетные внутригодовые распределения пересматривались.

Первые научные публикации, содержащие описание водного режима рек бассейна Урала, его графическую и табличную интерпретацию, приходится на 1930-е годы. Объясняется это промышленным освоением региона и борьбой с засухой в Заволжских степях. В фондовых материалах 1934 г. издания (г.и.) «Перспективы комплексного использования водно-земельных ресурсов бассейна реки Урал» [8] дана краткая характеристика сезонных колебаний стока, а в таблицах приводится процентное распределение речного стока по сезонам. В «Справочнике по водным ресурсам СССР» [9] впервые описаны такие особенности водного режима рек бассейна, как ведущая роль снегового питания и весеннего половодья, низкая водность летне-осенней и зимней межени, резкая неравномерность внутригодовых колебаний расходов (Q) и уровней (H) воды, особенно у левобережных притоков. Приводятся первые сведения по срокам и продолжительности прохождения фаз водного режима, графики колебаний уровня в течение года, распределение расходов воды по месяцам и гидрологическим сезонам. Впервые отмечено различие сезонного распределения стока у рек Верхнего Урала и Сакмары с остальными реками.

В известной и фундаментальной монографии Л.К. Давыдова «Гидрография СССР» [10] характеристика водного режима рек впервые основана на классификации рек Б.Д. Зайкова [11]. Согласно ей, большинство рек в бассейне и в соседних засушливых районах относится к казахстанскому типу. Исключением составляют реки верховьев Урала и Сакмары, которые принадлежат восточно-европейскому типу. И первый, и второй типы – это группа рек с весенним половодьем. В остальное время года сток на реках пониженный, вплоть до частичного пересыхания значительного числа водотоков. Летние и осенние дождевые паводки бывают только в верховьях р. Урала и на р. Сакмара, как и по [9]. Они кратковременны и быстро расплаываются вниз по течению. Другая известная, но меньше используемая классификация водного режима рек – П.С. Кузина – более комплексная [12]. Согласно ей, низовья и большая часть среднего водосбора Урала – это территория с равнинными реками в полупустынной зоне и обычно одновершинным половодьем весной, с основным источником питания в виде снежного покрова, продолжительной и очень низкой по водности меженью (буквально до следующей весны), несущественной ролью летне-осенних осадков, пересыханием летом. Верховья Урала и Сакмары – это реки горнолесной зоны, с весенним половодьем (с максимумом в конце апреля) и паводками в теплое время года, с длительной (средней по водности) летней и зимней меженью.

В [3-5] уже больше количественной и надежной информации по срокам и продолжительности основных фаз водного режима, по объемам стока и характерным расходам воды, долям сезонного стока, генетической структуре питания, параметрам изменения уровня во время половодья и паводков. По данным примерно 90 водомерных постов, весеннее половодье в среднем начинается в начале апреля (с запаздыванием в северо-восточном направлении), заканчивается обычно в начале июня (в верховьях Урала и низовьях Сакмары) и в июле в низовьях. Средняя продолжительность половодья от 20 дней на малых реках до 114 дней у с. Тополи (р. Урал). Она больше у рек горной лесной и лесостепной зон, растет с увеличением площади водосбора. Продолжительность летне-осенней межени (июнь-октябрь) 140-150 дней; лишь в низовьях Сакмары и Урала соответственно 120 (июль-октябрь) и 90 дней (август-октябрь). Для верхней части бассейна р. Урала и водосбора р. Сакмары в июне-августе характерны дождевые паводки со средним подъемом уровня 0,3-0,5 м, максимальным – до 1-2 м, средней продолжительностью 1-2 недели. В целом, зимний сток незначителен – 1-9 %; доля летне-осеннего стока колеблется по территории от 1 до 23 %, достигая наибольшей величины в верховьях Урала; доля весеннего стока – 55-90 % (и больше), а в бассейнах верхнего течения рр. Урала и Сакмары – 55-75 %. Годовая амплитуда колебаний уровней увеличивается от истока к устью: средние значения – 1-6 м, наибольшие – от 1,5 до 13 м. Расчетное внутригодовое распределение в [3-5], полученное методами компоновки, реального года и среднего распределения, дано по 5 районам и 9 подрайонам. Для рек засушливой степной и

полупустынной зон выделены следующие водохозяйственные сезоны: весенний (март-май), лимитирующие – летне-осенний (июнь-ноябрь) и зимний (декабрь-февраль). Для Актюбинской области весна – это апрель-май, лето-осень – это июнь-ноябрь. Для остальной части территории бассейна Урала в горнолесной и лесостепной зонах весна – это апрель-июнь, лето-осень – июль-ноябрь, зима – декабрь-март.

На новом этапе схематизации водного режима рек страны, включая бассейн р. Урала, и пространственного распределения его типов, связанном с подготовкой карты «Водного режима рек России и сопредельных территорий» [13], Урал выше Ириклинского вхдр. и верхняя Сакмара, рр. Большой Ик и Салмыш отнесены к рекам с весенним половодьем и преимущественно снегового питания, с устойчивой летне-осенней меженью и эпизодическими дождевыми паводками, устойчивой зимней меженью, изредка прерываемой оттепелью (рис. 1). Остальные реки бассейна обладают почти теми же особенностями водного режима, за исключением отсутствия паводков в летне-осеннюю межень. Реки могут перемерзать зимой (на перекатах и особенно левобережные притоки среднего течения р. Урала [4, 5] и пересыхать летом. Карта [13] выбрана основой для типов водного режима рек в Национальном атласе России [14].

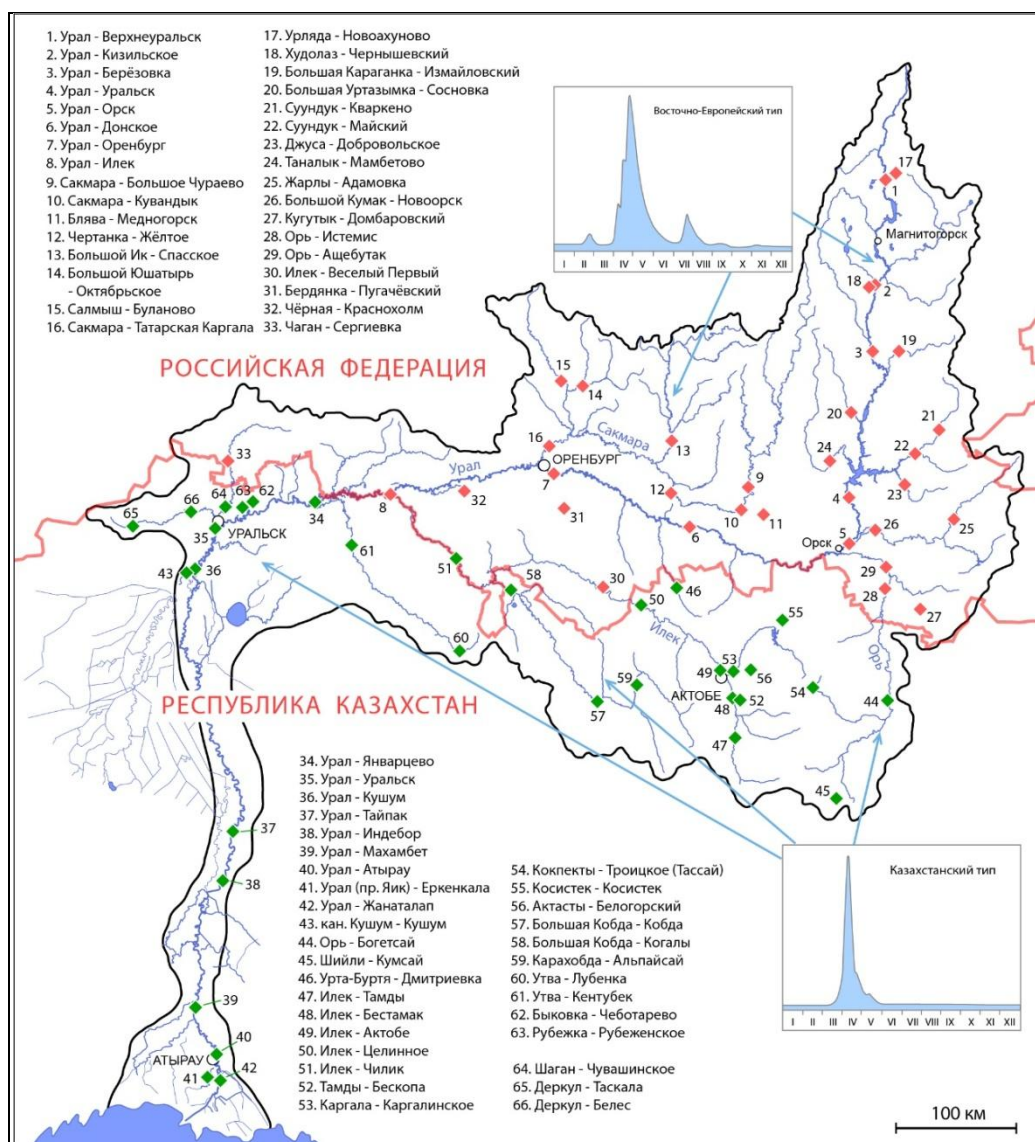


Рисунок 1 – Типы водного режима рек в бассейне Урала [13] с данными по действующим гидропостам

Новые и важные уточнения в отношении водного режима рек бассейна Урала приводятся в монографиях А.А. Чибилёва [2, 15]. Возможность построения гидрографа на основе смоделированных рядов рассмотрена в [16]. Сжатые сведения по водному режиму приводятся в различных энциклопедиях, включая энциклопедию «Реки и озера мира» под редакцией В.И. Данилова-Данильяна [17], Большую Российскую Энциклопедию (том 33, 2017 г.и.) и научно-популярную интернет-энциклопедию «Вода России» [18].

2. Оценка характеристик стока рек. К ним мы относим среднегодовые ($Q_{\text{ср}}$), максимальные ($Q_{\text{макс}}$) и минимальные ($Q_{\text{мин}}$) расходы воды, параметры их кривых обеспеченностей, объемы стока за гидрологические сезоны. Как уже ранее отмечено, первое серьезное обобщение материалов сетевого мониторинга за стоком воды рек в бассейне Урала, с оценкой величины характерных расходов, диапазона межгодовых колебаний Q приводится в [8, 9, 19]. Но они базировались на немногочисленных и мало проверенных данных небольшого числа постов, часть из которых впоследствии была забракована. В 1963 г. В.Д. Быков впервые использовал уравнение водного баланса для уточнения зависимостей модуля стока с высотой для неизученных районов [20], расширив и дополнив исследования Д.Л. Соколовского [21] по Южному, Среднему и Северному Уралу. Работа была выполнена в период разработки норматива СН 435-72.

В монографиях [3-5] по данным 121 створа произведена оценка основных числовых характеристик годового стока (с приведением к многолетнему периоду), в том числе $Q_{\text{ср}}$ различной обеспеченности, обоснованы зависимости между годовым стоком и климатическими, морфометрическими и физико-географическим параметрами водосборов (табл. 1). Показаны довольно высокие коэффициенты вариации (C_v) – от 0,5 до 1,15, увеличивающиеся в южном (засушливом) и северо-восточном направлениях (рис. 2). Приводятся подробные карты модуля годового стока и C_v (первые такие карты даны в [8], оценки водных ресурсов отдельных водосборов и в пределах границ областей и республик. Любопытно, что именно карты из [3] часто встречаются в более поздних публикациях и даже в 2000-е годы, хотя еще в середине 1980-х гг. эти карты были уточнены с учетом новых данных и включены в состав «Атласа расчетных гидрологических карт и номограмм» [22]. По обновленным картам модуль стока уменьшается от 6-9 до 0,5-1,0 л/с км² (прим. авторов – для пересчета величин модуля стока в величины слоя годового стока первые необходимо умножить на 31,5), а C_v возрастает от 0,4-0,6 до 0,9-1,0 (рис. 2). Последнее картирование нормы годового стока и параметров его кривой сделано в [23], но только для казахстанской части бассейна. Также в [3-5] для 84 створов приводятся оценки числовых характеристик $Q_{\text{макс}}$ и слоя стока за весеннее половодье. C_v максимальных расходов равен 0,7-1,5. Представлена карта среднего слоя стока половодья, который уменьшается с севера на юг от 100-150 мм до 10-20 мм и меньше. По меженному стоку сведения приводятся по 77 постам. Произведено районирование территории по величине водности рек в межень с выделением 4 районов и 7 подрайонов. Отдельный раздел посвящен пересыханию и перемерзанию рек.

Актуализированные оценки характеристик стока и параметров кривых обеспеченностей для разных створов приводятся в работах [1, 24-34]. Причем в работах [6, 24, 25, 28] расчет производился за весь период наблюдений, а в [1, 26, 29-32, 34, 35] – в границах однородных (по климатическим условиям и антропогенной нагрузке) подпериодов, или только для современного периода. В [35] заявлено, что норму годового стока Урала корректно считать с 1970 г. ввиду снижения его изменчивости из-за влияния Ириклинского водохранилища; в [29] современный период начинается с 1974 г. В [32] обоснованы и выделены 3 периода: 1) 1921-1957 гг. – условно-естественный, по сути, до введения в строй Ириклинского водохранилища, 2) 1958-1990 гг. – с антропогенно нарушенным режимом стока, но еще в прежних климатических условиях, 3) с 1991 г. – с нарушенным режимом стока в результате антропогенного воздействия и климатических изменений. Иные периоды и их обоснование (по статистическим критериям и результатам анализа климатических изменений и динамике водохозяйственной деятельности) указаны в

двух работах Магрицкого Д.В. и соавторов [1, 26]. Это – условно-естественный период, завершившийся, по сути, в 1957 г., период нарастания (1958-1977 гг.) и период максимальной (с 1978 г.) водохозяйственной нагрузки с двумя подпериодами. В [34] приведены уточненные границы этих периодов.

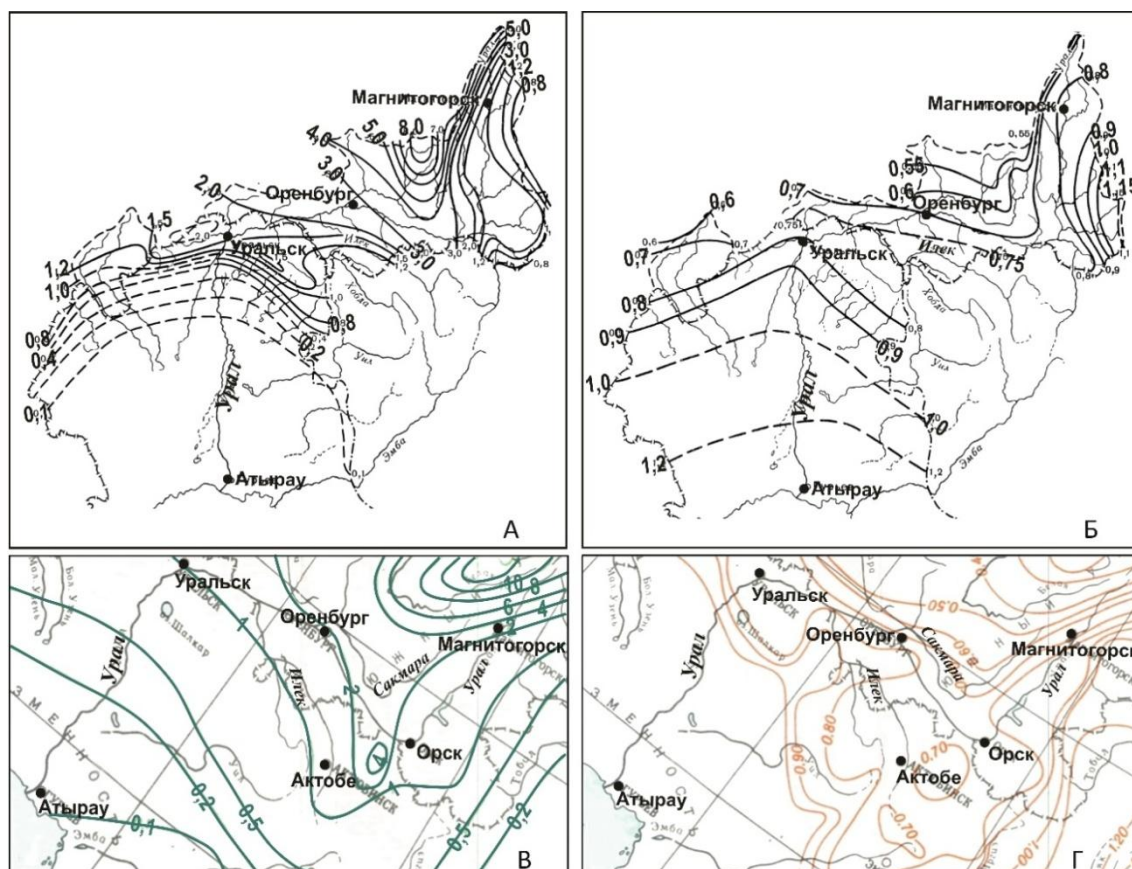


Рисунок 2 – Карты среднего многолетнего модуля (а, в) и C_v (б, г) годового стока воды из [4, 5] (А, Б) и [22] (В, Г)

Таблица 1 - Параметры кривых обеспеченностей характеристик годового и максимального стока воды (м³/с)

СТОКИ ВОДЫ (м³/с)						
Пост	[4]	[7]	[6]	[24, 25]	[1, 26]	[27]
1	2	3	4	5	6	7
Среднегодовой расход воды						
Урал (Верхнеуральск)	10,1/0,77/1,7*	7,69/0,6/0,97*	10,1/0,63/1,26*	-	-	-/0,55/0,91*
Урал (Кизильское)	34,4/0,8/1,7*	24,3/0,79/1,79*	-	30,8/0,67/-	$\frac{26,6/1,18/2,3^1}{21,0/0,65/2,3}$	-/0,71/0,91*
Урал (Оренбург)	136/0,8/1,65*	-	136/0,58/1,58*	101,7/0,74/-	$\frac{103/1,07/2,2^1}{100/0,57/2,6}$	-/0,73/1,46*
Урал (Кушум)	380/0,68/1,6*	-	-	-	$\frac{330/0,69/2,5^1}{290/0,41/2,2}$	-
Миндяк (Новобайрамгулово)	3,45/0,72/1,6*	3,09/0,4/0,28*	-	-	-	-/0,51/1,02*
Урляда (Новоахуново)	0,46/0,78/1,7*	0,32/0,73/0,71*	-	-	-	-/0,77/1,39*
Малый Кизил (Муракаево)	2,86/0,77/1,6*	2,38/0,47/1,62*	2,86/0,83/1,8*	-	-	-/0,48/1,55*
Большой Кизил (Верхне-Абдряшево)	6,04/0,77/1,6*	-	-	-	-	-/0,55/1,53*

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

1	2	3	4	5	6	7
Суундук (Майский)	5,15/1,07/2,4*	-	5,15/-/-	4,7/0,71/-	-	-/0,69/0,88*
Таналык (Самарское)	2,28/0,72/2,0	1,79/0,6/0,52*	-	-	-	-/0,64/1,2*
Большой Кумак (Новоорск)	8,14/1,14/2,4*	-	-/0,82/1,64*	11,2/0,72/-	-	-/0,71/1,15*
Жарлы (Адамовка)	2,99/1,14/2,4*	-	2,99/-/-	3,9/0,88/-	-	-/0,9/2,44*
Сакмара (Акьюлово)	14,1/0,53/1,2*	12,5/0,51/0,73*	-	-	-	-/0,47/0,76*
Сакмара (Каргала)	144/0,54/1,2*	-	145/0,54/1,2*	139,6/0,42/-	$\frac{128/0,57/2,4^1}{149/0,32/1,5}$	-/0,39/0,12*
Урман-Зилаир (Зилаир)	2,34/0,6/2,0	1,83/0,54/0,34*	-	-	-	-/0,49/0,95*
Большой Ик (Мраково)	15,7/0,52/2,0	13,2/0,51/0,35*	15,7/0,42/0,84*	15,7/-/-	-	-/0,42/0,95*
Салмыш (Буланово)	10,4/0,54/2,0	-	-	-	-	-/0,37/0,06*
Орь (Истемес)	10,8/0,78/1,6*	-	10,8/0,68/0,97*	6,1/0,73/-	-	-/0,73/0,77*
Черная (Красный Холм)	1,79/0,75/2,0	-	1,79/-/-	-	-	-/0,72/1,73*
Илек (Веселый 1)	31/0,73/1,7*	-	31/0,58/1,21*	21,4/0,61/-	-	-/0,57/1,25*
Чеган (Сергиевский)	1,36/0,7/2,0	-	1,36/0,76/1,52*	-	-	-
Кугутык (Домбаровский)	0,74/0,81/1,7*	-	0,74/-/-	-	-	-/0,81/2,0*
Максимальный расход воды						
Урал (Верхнеуральск)	138/1,04/2,6*	-	-	-	-	-/0,68/1,95*
Урал (Кизильское)	687/1,34/3,0*	-	-	-	$\frac{671/-/-}{396/-/-}$	-/1,19/2,45*
Урал (Оренбург)	2200/1,4/3,2*	-	-	-	$\frac{2180/-/-}{827/-/-}$	-/1,54/3,45*
Урал (Кушум)	3350/1,2/2,8*	-	-	-	$\frac{3530/1,24/2,3^1}{1420/0,66/5,0}$	-
Суундук (Майский)	383/1,49/3,2*	-	-	-	-	-/0,95/1,52*
Жарлы (Адамовка)	269/1,28/1,8*	-	-	-	-	-/0,94/1,67*
Сакмара (Каргала)	1730/0,78/1,9*	-	-	-	$\frac{1740/0,73/2,2^1}{1550/0,4/0,25}$	-/0,46/0,37*
Урман-Зилаир (Зилаир)	47,8/0,61/1,25*	-	-	-	-	-/0,71/2,27*
Орь (Истемес)	519/0,98/2,05*	-	-	-	$\frac{255/-/-}{164/-/-}$	-/0,8/0,96*
Илек (Веселый 1)	1100/1,03/2,2*	-	-	-	$\frac{543/-/-}{403/-/-}$	-/0,92/2,97*

Примечание: первое значение – средний многолетний расход, второе – коэффициент вариации, третье – отношение Cs/Cv, или коэффициент асимметрии (*). Местоположение действующих постов показано на рис. 1. ¹ в первой строке за период до 1957 г., во второй строке – с 1978 г.

В крупной монографии [28] приводятся две таблицы с рассчитанными для 20 створов параметрами кривых обеспеченностей годового стока, правда неизвестно за какой период и не всегда для створов именно постов, а с привязкой к устьям притоков. Сравнение данных из [28] и из [4] показывает общее уменьшение (за более длинный период) как годового стока, так и коэффициентов вариации и асимметрии. Следующие массовые уточнения (по более длинным рядам, или только за современный период) характеристик годового стока, максимальных и минимальных расходов воды опубликованы в статьях [1, 7, 24-27, 36-38].

Число и состав постов в них сильно различаются. В многотомной «Схеме комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Урал» [6] среднемноголетний сток рек рассчитан за период с 1966 г. и для 28 постов, тогда как $Q_{\text{макс}}$ – за весь период наблюдений. Правда, значения нормы стока в [6] странным образом совпадают с нормой в [4], рассчитанной по существенно более коротким рядам (табл. 1). Там же приведены оценки $Q_{\text{макс}}$ дождевых паводков, расчеты водохозяйственных балансов (по месяцам и за год) для лет разной обеспеченности и на границах водохозяйственных участков. В фундаментальной монографии [7], подготовленной по итогам кандидатской диссертации, приводятся новые зависимости модуля годового стока от средней высоты водосбора, соответствующее районирование территории, а также закономерности изменения коэффициентов вариации и асимметрии по территории горного Урала. В [24, 25] на основе анализа годовой и сезонной изменчивости речного стока по 9 постам уточнены оценки межгодовой изменчивости $Q_{\text{ср}}$. Установлено, что максимальный размах колебаний $Q_{\text{ср}}$ присущ крупным левобережным притокам (рр. Илек, Ор, Большой Кумак), т.е. на степных равнинных пространствах Зауралья. Рассчитаны C_v среднегодовых и среднесезонных расходов воды. Наименьшим диапазон значений C_v оказался у годового и осеннего стока – 0,4-0,9 и 0,5-1,0, наибольшим у зимнего и весеннего стока – 0,5-1,8 и 0,75-1,7. В [27] приводятся оценки C_v и C_s среднегодовых и максимальных расходов воды, полученные по данным 33 постов (что отличает эту работу от остальных) и, вероятнее всего за весь период наблюдений (до 2017 г.), т.е. без учета возможного нарушения однородности рядов под влиянием климатических изменений и водохозяйственной деятельности (табл. 1). Показано, что наибольшие C_v у левобережных притоков р. Урала. Графически проиллюстрирована тесная обратная связь между C_v и слоем годового стока (мм). По сути, подобные расчеты – бесконечный процесс, поддерживаемый новыми данными и постоянно продлеваемыми рядами наблюдений, новыми взглядами на деление единого периода наблюдений на характерные подпериоды.

Отдельный блок гидрологических расчетов составили результаты оценивания составляющих водного баланса как всего водосбора в целом, так и подбассейнов внутри него, а также оценки естественных водных ресурсов и в границах административных образований. В фундаментальном труде [39] приводятся расчеты характеристик годового стока и составляющих годового водного баланса по 5 постам (табл. 2). В [4] есть оценки водных ресурсов отдельных водосборов и в пределах границ областей и республик. Также информация по водному балансу бассейна Урала и его притоков опубликована в «Атласе мирового водного баланса» [40], «Водные ресурсы СССР и их использование» [41], «Водные ресурсы России и их использование» [42], а также в работе [43], правда до г. Оренбурга. В [44] поверхностные естественные водные ресурсы бассейна оценены для поста г. Уральск в $11,4 \text{ км}^3$, а в годы 95 %-ной обеспеченности – $2,7 \text{ км}^3$. В [45] поверхностные водные ресурсы бассейна до поста Оренбург составляют в естественных условиях $3,53 \text{ км}^3$, а в маловодные годы 95 % – $0,53 \text{ км}^3/\text{год}$. В [29] сток левых и правых притоков Урала в пределах Казахстана оценен за 1974-2007 г. в $1,49$ и $0,75 \text{ км}^3/\text{год}$, что на $0,08$ - $0,10 \text{ км}^3$ меньше естественных значений, а за весь период наблюдений – в $1,68$ и $0,81 \text{ км}^3$ (условно-естественный сток был бы $1,77$ и $0,85 \text{ км}^3/\text{год}$). Суммарный приток воды из РФ по Уралу равен $8,67 \text{ км}^3/\text{год}$, из них $4,51$ и $3,31 \text{ км}^3/\text{год}$ это доли рек Урала и Сакмары. В естественных условиях сток Урала из России составил бы $9,59$ (1940-2007) и $10,1 \text{ км}^3$ (1974-2007). Местные водные ресурсы (р. Илек – пост Чилик, р. Ор – Бугетсай, р. Деркул – Белес, р. Барбастау – Барбастау) составляют $2,79 \text{ км}^3$ (1940-2007) и $2,51 \text{ км}^3$ (1974-2007). Наблюдаемый сток у Кушума оценен в $9,97 \text{ км}^3$ (1940-2007). Если брать его вместе с каналом Кушум, то получаем $12,15 \text{ км}^3$. Восстановленный условно-естественный сток по посту Кушум равен $11,23 \text{ км}^3$. В [26] фактический ($W_{\text{ф}}$) и условно-естественный ($W_{\text{е}}$) годовой сток воды нижнего Урала в начале бесприточного участка за 1913-2014 гг. равен $10,1$ и $\sim 11,1 \text{ км}^3/\text{год}$. Из них ~ 95 % поступает с территории РФ. К постам Кушум, Тополи, Махамбет и Атырау $W_{\text{ф}}$ сокращается на 4, 11,2, 15,6 и 18,9 %. В море $W_{\text{ф}} \approx 7,79 \text{ км}^3/\text{год}$, а $W_{\text{е}} \approx 9,02 \text{ км}^3/\text{год}$ (81,3 %).

Таблица 2 – Составляющие водного баланса бассейна р. Урала

Источник	Годовые величины составляющих водного баланса (в числителе – км ³ , в знаменателе – мм)			Коэффициент стока
	осадки	сток	испарение	
[39]	$\frac{85,5}{450}$	$\frac{11,3^*}{59}$	$\frac{74,2}{391}$	0,13
[41]	$\frac{95,0}{402}$	$\frac{10,1^{**}}{42,9}$	$\frac{84,7}{359}$	0,11

Примечание: *по створу поста Тополи, **устье

3. Многолетние колебания стока рек: климатические факторы и закономерности. Вопросу многолетних колебаний водного стока рек в бассейне р. Урал впервые уделено внимание в [4] в связи с необходимостью расчета нормы стока, поиска репрезентативных периодов и створов-аналогов. Обнаружено, что у р. Сакмары те же циклы водности, что и у р. Белой – притока р. Камы, где наблюдения ведутся с 1878 г. На р. Урал у с. Кушум характер многолетних колебаний схож не за весь период. Для левобережных притоков верховьев р. Урала – рек Суундука и Большого Кумака – аналогом выбран пост Ялutorовск на р. Тобол – приток р. Иртыша. Развитием темы синфазности и синхронности многолетних колебаний стока, разделения территорий по этому принципу стала работа [46], в которой бассейн р. Урала отнесен к трем районам. Первый (северо-западный) район включает правобережье верхнего и среднего Урала, бассейн Сакмары и объединен с бассейном р. Камы. Второй район объединяет левобережья верхнего Урала и бассейны рр. Тобола и Ишима. Третий район – это левобережные притоки среднего Урала и низовья реки.

Современным серьезным осмыслением циклических колебаний годового и сезонного стока стала диссертация М.Н. Бубина и публикации по ее результатам [47, 48]. В них по данным на 21 посту (за период до 2003 г.) и 16 метеостанциях выявлены значимые периоды в колебаниях сезонного стока рек Челябинской области. Для весеннего стока рек верхнего Урала ведущими являются ритмы в 2-3 года (за ними следуют 7-8, 13-14 и 18 лет), для лета-осени – 22-23 года (6-7 и 17-18 лет), зимы – 6-7 лет (3-4 и 11-14 лет). С помощью кластерного и корреляционного анализа произведено районирование территории Челябинской области по характеру многолетних колебаний сезонного стока: верхний Урал от Верхнеуральского вдхр. и севернее отнесен к Зауральскому району, вместе с р. Уй (бассейн р. Тобол), а южная часть Челябинской области – к Южному степному району. Последняя основательная работа, где приводится свой взгляд на районирование территории бассейна Урала по синхронности и синфазности колебаний годового стока – это статья [36]. В ней, по данным 28 постов и до 2017 г. выделяется 5 гидрологических районов с парными коэффициентами корреляции между колебаниями годового стока на различных постах >0,7 (рис. 3).

Изучением структуры многолетних колебаний стока рек бассейна р. Урал занимались также специалисты Института степи УрО РАН и Уфимского ГАУ [24, 25, 49-51]. В [50] были подробно проанализированы колебания водности рек в бассейне Урала на 15 постах и по 2012 г. Выявлены циклы колебаний годового стока с периодами 2,3-2,7, 5,5-7,2, 11,2-22,1 и 35-40 лет практически для всех постов. В [25] подчеркивается, что синфазность колебаний стока с крупными реками прослеживается на реках с $F < 10$ тыс. км² (рр. Салмыш, Суундук и Жарлы), но менее выражено из-за усиления роли местных факторов. В [51] анализ пространственной скоррелированности колебаний стока распространен на большее число постов и сезонный сток. Оценена теснота связей между среднемесячными расходами каждого месяца и $Q_{ср}$, а также между самими средними месячными расходами воды. В [1] для фактических и восстановленных $Q_{ср}$ на посту Кушум продолжительность значимых циклов оценена (за 1913-2014 гг.) от 4,9 лет до 11,3 и 14,6 лет.

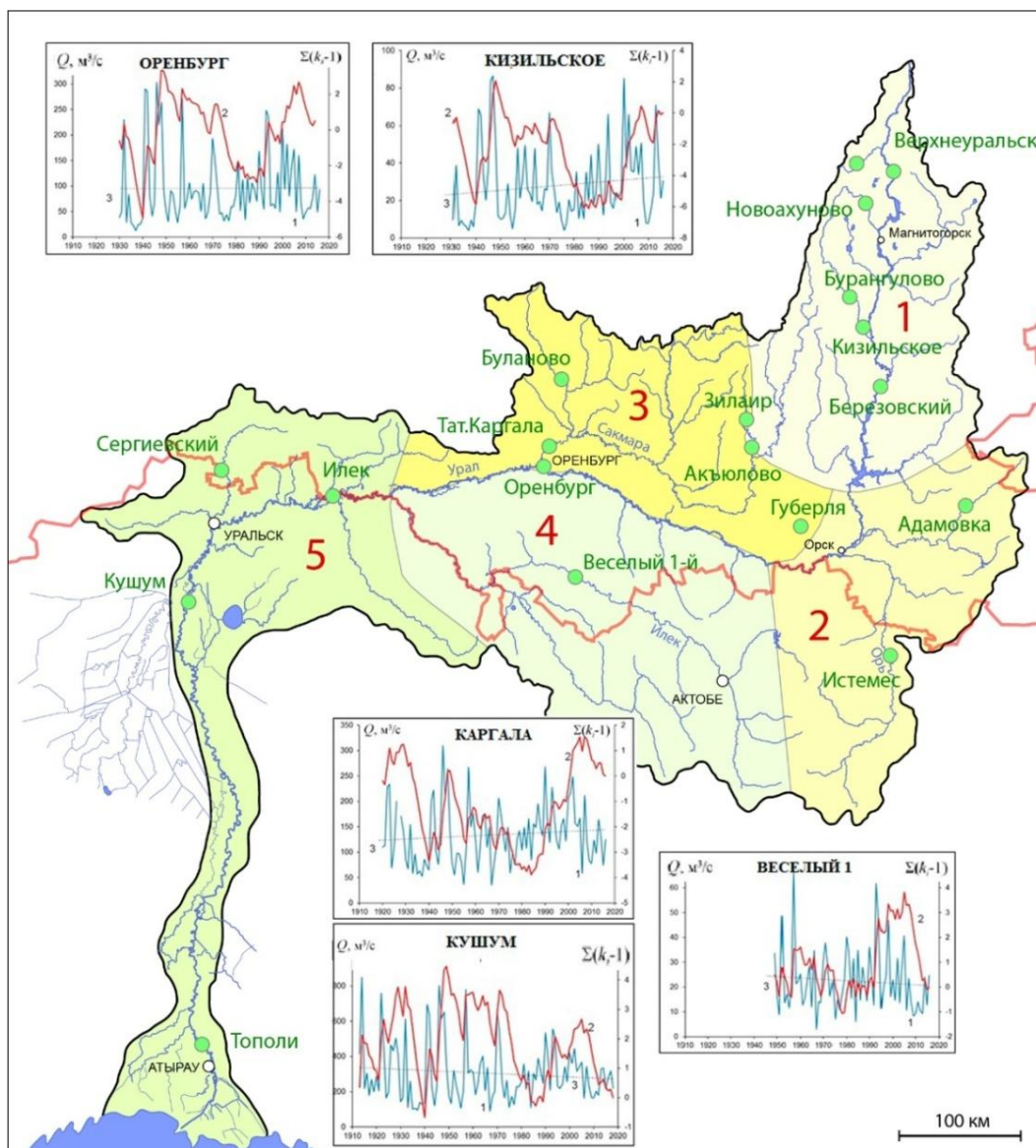


Рисунок 3 – Районы с синхронными и синфазными колебаниями годового стока рек бассейна Урала [36] и графики многолетних колебаний среднегодовых расходов воды (синяя линия) с разностными интегральными кривыми (красная линия) [1]

Вторым направлением исследования многолетних колебаний годового и сезонного стока рек в бассейне Урала стало выявление тенденций в его изменении и выделение характерных многолетних периодов (рассмотрено в п. 2) с критериальной оценкой значимости трендов, отличия величин стока одного периода от другого. Согласно данным из [35], с 1955 г. минимальный сток явно увеличился, максимальный сток нижнего Урала явно уменьшился. После 1975 г. и в сравнении с 1949-1975 г. годовой сток р. Илека из-за эксплуатации водохранилищ уменьшился на 22 %. Минимальный зимний сток увеличился более чем в 3 раза, летне-осенний – в 2 раза. По [1] на зарегулированных участках Урала, на постах, замыкающих территории с крупной водохозяйственной деятельностью, самым маловодными были 1958-1977 гг. С переходом от условно-естественного периода к периодам нарастания и максимальной (с 1978 г.) водохозяйственной нагрузки произошло значимое (по F -test) снижение межгодовой изменчивости стока. Оно отмечено повсеместно, включая притоки и верховья р. Урал с сохранившимся условно-естественным режимом, но в большей мере – именно на зарегулированных участках русел. В 1978-2014 гг., несмотря на нарастание объемов водопотребления и потерь на испарение, водность Урала увеличилась. Похожая

ситуация наблюдалась на Сакмаре, исключая 1958-1977 гг. Стационарность рядов по среднему (согласно *t-test*) не нарушена, чего нельзя сказать о максимальных расходах в среднем и нижнем течении Урала, причем как с переходом во второй, так и в третий периоды; о меженном стоке зимы на многих постах.

Результаты проверки 19 рядов годового стока на однородность с помощью *t-test* и *F-test*, оформленные в виде большой таблицы [7], показали, что они однородны по всем критериям. Исключение составляют 3 поста, ряды которых неоднородны по критерию Стьюдента: р. Таналык – с Самарское, р. Сакмара – с. Верхнегалево, р. Сакмара – с. Акьюлово. Еще ранее, в статье [52] выполнена одна из первых проверка многолетних рядов максимального стока для постов Верхнеуральск, Кизильское, Березовский, Оренбург, Кушум, Махамбет и Каргала, за период 1936-1989/1994 гг. на наличие тренда, критериями Вилкоксона (*W*), Фишера и Стьюдента. Установлено, что гипотеза об однородности не проходит лишь для постов Кизильское (по *W*), Березовское (по *F-test*), Оренбурга (по тренду), Махамбета (по *W*). В [36] многолетние ряды 9 постов проверены на однородность и независимость с помощью критериев Андерсона, числа серий, тренда Спирмена, Фишера и Стьюдента. Обнаружено статистически значимое изменение дисперсии годового стока на постах Верхнеуральск, Оренбург, Кушум и Тополи после 1975 г. Связаны эти изменения в колебаниях годового стока в основном с антропогенной деятельностью в бассейне, которое авторы связывают с эксплуатацией водохранилищ, что отличается от выводов из [1, 26]. Уменьшение дисперсии годового стока на притоках реки Урал оказалось статистически незначимым.

Современные тенденции изменения водного режима в бассейне р. Урала представлены в работах [37, 38, 53]. В [53] по 9 постам выявлено, что водный режим рек характеризуется устойчивой тенденцией сокращения доли весеннего стока и увеличение доли меженного стока, особенно в зимний период. Отмечено, что несмотря на общность данной тенденции, для рек исследуемого бассейна характерна пространственная неоднородность изменения водного режима, что обусловлено местными физико-географическими условиями стокоформирования. В [37, 38] рассмотрены особенности трансформации параметров минимального стока в бассейне р. Урал – проведен анализ динамики среднемесячных и 30-суточных расходов воды периода низкого стока для рек исследуемого бассейна. Установлены изменения параметров маловодных фаз, в частности – смещение дат наступления периода минимального 30-суточного стока летне-осенней и зимней межени.

Третьим направлением изучения многолетних колебаний стока рек стало обоснование связей между ними и изменениями в климате, снежном покрове, гидрогеологическими условиями и др. Так, в [44] приводятся зависимости весеннего и годового стока на постах Кизильское, Оренбург, Кушум и Тополи от стока р. Сакмары, а также максимальных снегозапасов, суммы осенних осадков (месяцы X-XI), дефицита влажности воздуха за VI-IX. В [43] приводятся графики и уравнения связи между годовым стоком, стоком теплого периода и осадками соответственно годовыми и холодного периода, полученные по данным за 1952-2002 гг.: $Y_{\text{гп}} = 4025 + 0,836 \times X_{\text{хп}} + 0,001 \times X^2$, $Y_{\text{год}} = -12,3 + 0,432 \times X_{\text{г}}$. В работе [49] информативен график совмещенных многолетних колебаний среднегодовых расходов воды р. Сакмары и емкостных запасов подземных вод в водоносном *Q* (аллювиальном) горизонте по данным из федеральных и региональных государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды». Он иллюстрирует довольно тесную связь между речными и подземными (верхнего залегания) водами. В [50] установлено несколько статистически значимых связей с известными климатическими и астрофизическими индексами, в частности противоположный характер когерентности для среднепериодных и долгопериодных колебаний стока (14-30 лет) с Е-типом (противофазный) и С-типом (синфазный) атмосферной циркуляции по Вангенгейму для поста Оренбург. Но получены доказательства и неустойчивости таких связей. В работе [16] показано, что связь между стоком нижнего

Урала на посту Кушум и месячными осадками для зимних месяцев отсутствует, а для летних месяцев $R=0,16-0,30$. Июньские осадки существенно влияют на сток июня-сентября. Поэтому одним и тем же значениям осадков и температуры воздуха могут соответствовать разные гидрографы. В интересной работе [53] показано, что при исключении из рассмотрения 20-25 % лет с аномальными погодными условиями, средняя высота снежного покрова в бассейне р.Урала (по данным Snow Depth FEWS NET за 1 марта – 15 апреля) довольно тесно связана с годовым стоком на посту Кушум ($R^2 = 0,89$): $W_{\text{год}}(\text{Кушум, млн м}^3) = 144,5 \times H_{\text{сн,МС}}(\text{см}) + 3417$, $W_{\text{год}}(\text{Кушум, млн м}^3) = 338,7 \times H_{\text{сн,FEWS NET}}(\text{см}) - 1837$. В недавней работе [33], где используются данные уже 56 постов, аналитически обоснованы зависимости между годовым и сезонным стоком на постах Оренбург, Каргала и Веселый № 1 и основными климатическими факторами – температурой воздуха и осадками. Установлено, что построенные за условно-естественный период зависимости имеют наибольшую точность ($R = 0,8-0,9$), хорошую эффективность ($\text{Eff} < 0,6$) и обеспеченность ($p = 75-90\%$). Тогда как, за период изменившегося стока и климатических условий разброс точек увеличился ($R = 0,6-0,8$, $\text{Eff} < 0,8$, $p = 60-80\%$), особенно для зимнего стока.

Четвертое направление – это сценарные оценки дальнейших изменений характеристик стока рек бассейна Урала. Их совсем немного [6, 26, 42, 55-57]. В [55] они получены на период 2006-2035 гг. по очень упрощенной и вызывающей много вопросов схеме. Наиболее надежными прогнозные оценки представляются в работе [26]. Они получены с использованием методики на основе метода водного баланса и по данным климатического моделирования на базе 12 моделей общей циркуляции атмосферы и океана проекта CMIP3 (по сценарию эмиссии парниковых газов и аэрозолей A2). К середине XXI в. (2046-2065 гг.) следует ожидать общего сокращения стока рек в бассейне, по отношению к его величине в 1961-1989 гг. При среднем варианте развития большая часть бассейна попадает в область уменьшения стока на 10-20 %, и только на южных окраинах, где рек практически нет, ожидается более серьезное его уменьшение. При наилучшем варианте годовой сток рек сократится на 5-10% в северной части бассейна и на 10-15% – в южной. При наихудшем варианте сток уменьшится более чем на 20-30 % во всем бассейне. В результате, общее сокращение стока и увеличение межгодовой его изменчивости приведут к увеличению повторяемости маловодных лет, включая годы с экстремально низкой водностью. В статье [56] исследованы возможные изменения среднемноголетнего речного стока в бассейне р. Урал на основе комплекса воднобалансовых зависимостей и с использованием проекций климата, полученных на ансамбле из 11 моделей общей циркуляции атмосферы и океана CMIP5. Полученные оценки изменения речного стока в бассейне р. Урал значительно отличаются по сравнению с прогнозом в работе [26] – в районе г. Оренбург сокращение стока составит около 50 %, а в районе г. Орск – 70 %. В [57] получены оценки стока, поступающего в Казахстан по р. Урал в современный период и на перспективу – до 2050 г. в створе Кушум. Последний оценивался с помощью процедуры нормирования стока и в соответствии с проекциями изменения регионального климата. В итоге получено, что условно-естественный сток р. Урал в зоне его формирования уменьшится на 7-11 %, а бытовой сток на 6-13 %.

Заключение

Согласно полученным результатам, исследования водного режима рек бассейна Урала характеризуются определенной неравномерностью во временном и предметном аспектах. Начальный и слабо обеспеченными работами этап исследований (1930-е годы) совпал с активным промышленным освоением территорий горного Урала и возникшей необходимостью гарантированного обеспечения водными ресурсами крупных промышленных комплексов. Соответственно, основной акцент в исследованиях на данном этапе был сделан на детальную оценку использования водно-ресурсного потенциала

бассейна р.Урал для решения различных водохозяйственных задач. Крупные и фундаментальные работы, посвященные изучению стока и водного режима рек, относятся к 1950-1960 гг., что связано в первую очередь с активным послевоенным промышленным и особенно сельскохозяйственным освоением территории бассейна, строительством новых и расширением старых поселений, запуском Ириклинского водохранилища и подготовкой монографии «Ресурсы поверхностных вод СССР». В отечественной гидрологии начинают превалировать надежные статистические и географо-гидрологические методы, благодаря которым количественно оценены годовые и сезонные характеристики стока, параметры их кривых обеспеченностей, подробно изучена статистическая структура многолетних колебаний речного стока, проведено районирование территории по синфазности и синхронности колебаний стока, типам водного режима, построены карты и зависимости пространственного изменения стока и параметров фаз водного режима. Появляются первые научные работы, посвященные оценке воздействия хозяйственной деятельности на водный сток р. Урал.

Начиная с 1990-х годов и в XXI в., тематика научно-прикладных исследований бассейна р. Урал дополняется вопросами трансграничного распределения речного стока и, прежде всего, проблемами трансформации водного режима в условиях высокой антропогенной нагрузки (прежде всего регулирование стока водохранилищами). Последнее десятилетие – это период изучения взаимосвязей между изменением параметров водного режима и глобальными (региональными) изменениями климата как на современном этапе, так и на перспективу.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках НИР по теме «Экологическая оценка последствий регулирования стока в трансграничном бассейне трансграничной реки Урал (Жайык) и разработка научно-обоснованных предложений по экологической реабилитации, сохранению и восстановлению трансграничной реки Урал (Жайык)», тем государственного задания I.10, ЦИТИС 121051400038-1, научной школы МГУ «Климат и окружающая среда» и № АААА–А21–121011190016–1.

Список литературы

1. Магрицкий Д.В., Кенжебаева А.Ж. Закономерности, характеристики и причины изменчивости годового и сезонного стока воды рек в бассейне р. Урал // Наука. Техника. Технология (политехнический вестник). 2017. № 3. С. 39-61.
2. Чибилёв А.А. Бассейн Урала: История, география, экология. Екатеринбург: СВ-96, 2008. 312 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 3. Актюбинская область. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 515 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 2. Урало-Эмбинский район. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 512 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 2. Урало-Эмбинский район. Приложения. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 155 с.
6. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Урал (Российская часть). Т. 1-6. Екатеринбург: ФГУП «РосНИИВХ», 2013.
7. Клименко Д.Е. Годовой сток Урала. Пермь, 2011. 196 с.
8. Перспективы комплексного использования водно-земельных ресурсов бассейна реки Урал / С.Г. Боскис, М.Н. Троцкий. Москва; Ташкент: Сазгипровод, 1934. [Электронный ресурс]. URL: <https://elib.rgo.ru/handle/123456789/229311> (дата обращения: 21.09.2022).
9. Справочник по водным ресурсам СССР. Т. 12. Урал и Южное Приуралье. Ч. 1 / под общ. ред. Л.К. Давыдова. Ленинград-Москва, 1936. 664 с.

10. Давыдов Л.К. Гидрография СССР (воды суши). Ч. II. Л.: Изд-во ЛГУ, 1955. 600 с.
11. Зайков Б.Д. Средний сток и его распределение в году на территории СССР // Труды НИУ ГУГМС. Сер. IV. 1946. Вып. 24. 148 с.
12. Кузин П.С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. Л.: Гидромет. изд-во, 1960. 455 с.
13. Карта «Водный режим рек России и сопредельных территорий» / Карта для высшей школы. Масштаб 1:8 000 000. Новосибирск: Роскартография, 2001.
14. Национальный атлас России. Т. 2. Природа, экология. М.: Роскартография, 2007. 496 с.
15. Чибилёв А.А. Дорога к Каспию. Алма-Ата: «Кайнар», 1988. 240 с.
16. Давлетгалиев С.К. Прогноз гидрографа стока река Жайык – Село Кушум на основе смоделированных рядов // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование: Материалы Международной научно-практической конференции. Кн. 2. Алматы, 2016. С. 63-69.
17. Энциклопедия «Реки и озера мира» / под. науч. ред. В.И. Данилова-Данильяна. Москва: Энциклопедия, 2012. 924 с.
18. Научно-популярная энциклопедия «Вода России». [Электронный ресурс]. URL: <https://water-ru.ru> (дата обращения: 12.10.2019).
19. Справочник по водным ресурсам СССР. Т. 12. Урал и Южное Приуралье. Ч. 2 / под общ. ред. Л.К. Давыдова. Ленинград-Москва, 1936. 960 с.
20. Быков В.Д. Сток рек Урала. М., 1963. 144 с.
21. Соколовский Д.Л. Водные ресурсы рек промышленного Урала и методика их расчета // Труды Научно-исследовательских учреждений гидрометслужбы. Сер. IV. Вып. 7. Свердловск; Москва, 1943. 248 с.
22. Атлас расчетных гидрологических карт и номограмм. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 23 л.
23. Национальный атлас Республики Казахстан. Т. I: Природные условия и ресурсы Алматы, 2010. 150 с.
24. Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А., Падалко Ю.А. Современные изменения водного режима рек бассейна р. Урал // Вопросы географии. 2018. № 145. Гидрологические изменения. С. 298-313.
25. Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилев А.А. Изменения водного режима рек бассейна реки Урал // Доклады Академии наук. Науки о Земле. 2019. Т. 488. № 5. С. 545-549.
26. Магрицкий Д.В., Евстигнеев В.М., Юмина Н.М., Торопов П.А., Кенжебаева А.Ж., Ермакова Г.С. Изменения стока в бассейне р. Урал // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2018. № 1. С. 90-101.
27. Fatkhutdinova R., Gareeva D. River runoff variability at watercourses of the Ural river basin // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 163. 05002.
28. Вода России. Речные бассейны / под науч. ред. А.М. Черняева. Екатеринбург: «АКВА-ПРЕСС», 2000. 536 с.
29. Давлетгалиев С.К. Поверхностные водные ресурсы рек Жайык – Каспийского бассейна в границах Республики Казахстан // Гидрометеорология и экология. 2011. № 1. С. 56-65.
30. Михайлов В.Н., Кравцова В.И., Магрицкий Д.В., Михайлова М.В., Исупова М.В. Дельты каспийских рек и их реакция на изменение уровня моря // Вестн. Каспия. 2004. № 6. С. 60-104.
31. Михайлов В.Н., Магрицкий Д.В., Кравцова В.И., Михайлова М.В., Исупова М.В. Воздействие изменения уровня Каспийского моря и водохозяйственных мероприятий на гидрологический режим и морфологию устьев рек // Вестн. Московского ун-та. Серия 5. География. 2011. № 2. С. 85-95.

32. Ивкина Н.И. Изменение притока в Каспийское море в результате антропогенного воздействия и изменения климата на примере р. Жайык (Урал) // Гидрометеорология и экология, 2016. № 3. С. 50-55.
33. Устья рек Каспийского региона: история формирования, современные гидролого-морфологические процессы и опасные гидрологические явления / под ред. В.Н. Михайлова. М.: ГЕОС, 2013. 703 с.
34. Magritsky D.V., Kenzhebaeva A.K., Yumina N.Yu., Efimova L.E., Moreido V.M. Climatic changes and water management in the Ural River basin and their impact on the river water regime // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. vol. 817. no. 012062. pp. 1-10. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012062.
35. Абдрахимов Р.Г., Чигринцев А.Г. Проблемы оценки влияния хозяйственной деятельности на сток некоторых рек Западного Казахстана // Гидрометеорология и экология. 2009. № 1. С. 18-22.
36. Юмина Н.М., Козлов М.О. Анализ многолетней изменчивости стока рек бассейна р. Урал // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). 2021. № 1(82). С. 9-12.
37. Сивохиц Ж. Т., Павлейчик В.М., Падалко Ю.А. Изменение минимального стока в бассейне р.Урал // Известия РАН. Серия Географическая. 2021. Т. 85. № 6. С. 900-913.
38. Сивохиц Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А. Изменение стока зимней межени в бассейне р. Урал // Доклады Академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 499. № 2. С. 203-208.
39. Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 203 с.
40. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. М., Л.: Гидрометеиздат, 1974. 638 с.
41. Водные ресурсы СССР и их использование. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 300 с.
42. Водные ресурсы России и их использование / под ред. И.А. Шикломанова. СПб.: ГГИ, 2008. 600 с.
43. Подосёнова И.А. Особенности структуры водного баланса бассейна реки Урал и его геоэкологическая значимость: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Оренбург, 2005. 19 с.
44. Родионов В.З. Влияние хозяйственной деятельности на сток р. Урала // Труды ГГИ. 1977. Вып. 239. С. 109-122.
45. Григорьев О.М. Оценка влияния промышленно-коммунального водопотребления на сток р. Урал // Труды ГГИ. 1981. Вып. 273. С. 44-61.
46. Кузин П.С., Бабкин В.И. Географические закономерности гидрологического режима рек. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 200 с.
47. Бубин М.Н. Многолетние колебания сезонного стока рек Челябинской области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Челябинск, 2007. 19 с.
48. Бубин М.Н. Районирование территории по синхронности многолетних колебаний зимнего стока рек (на примере Челябинской области) // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 316. № 1. С. 137-142.
49. Чибилёв А.А., Падалко Ю.А. Современная антропогенная нагрузка в бассейне реки Сакмары и проблемы ее ограничения // Проблемы прикладной экологии. 2014. Т. 16. № 5. С. 304-307.
50. Васильев Д.Ю., Сивохиц Ж.Т., Чибилев А.А. Динамика климата и внутривековые колебания стока в бассейне реки Урал // Доклады Академии наук. Науки о Земле. 2016. Т. 469. № 1. С. 102-107.
51. Васильев Д.Ю., Водопьянова В.В., Закирзянова Ш.И., Кенжебаева А.Ж., Семенов В.А., Сивохиц Ж.Т. Корреляционные связи многолетних колебаний месячного и годового стока в бассейне реки Урал // Известия РАН. Серия географическая. 2020. Т. 84. № 3. С. 414-426.

52. Полонский В.Ф., Остроумова Л.П. Вероятностные оценки уровня воды на устьевом участке р. Урал при взаимодействии ее стока и нагонов // Водные ресурсы. 2002. Т. 29. № 5. С. 542-551.

53. Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М. Современные тенденции внутригодового распределения речного стока в бассейне р. Урал // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». 2020. Т. 33. С. 112-123.

54. Терехов А.Г., Ивкина Н.И., Абаев Н.Н., Галаева А.В., Елтай А.Г. Реакция стока реки Урал на изменения высоты снежного покрова в ее бассейне в период 2001-2019 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 5. С. 181-190. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-181-190.

55. Линейцева А.В. Поступление стока в Республику Казахстан по реке Урал на перспективу до 2035 года // Гидрометеорология и экология. 2011. № 2. С. 64-68.

56. Алиева М.Б., Сидорова М.В., Кашутина Е.А. Прогноз стока в бассейне р. Урал в 21 веке // Трансграничные водные объекты: использование, управление, охрана: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Сочи, 20-25 сент. 2021 г.). Новочеркасск, 2021. С. 18-22.

57. Ивкина Н.И., Галаева А.В., Саиров С.Б., Долгих С.А., Смирнова Е.Ю. Оценка годового стока реки Жайык (Урал) в створе у с. Кушум на перспективу до 2050 г. с учетом изменения климата // Гидрометеорология и экология. 2020. № 3. С. 52-68.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 13.10.2022

Принята к публикации 16.03.2023

SCIENTIFIC AND APPLIED STUDY OF RUNOFF IN THE URAL RIVER BASIN IN THE XX CENTURY – THE BEGINNING OF THE XXI CENTURY. PART 1. RUNOFF AND WATER REGIME. LONG-TERM CHANGES

D. Magritsky¹, *Zh. Sivokhip², V. Pavleichik², D. Kisebaev³

¹Moscow State University, Russia, Moscow

²Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg

³Branch of RSE “Kazhydromet”, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: sivokhip@mail.ru

The paper presents the results of the analysis and generalization of scientific studies of runoff and water regime in the Ural River basin in the XX century – the beginning of the XXI century. The main scientific and applied directions in the study of river flow in the basin and its changes are highlighted. The main results are given from the most important and fundamental publications. It is noted that the development of scientific ideas about the parameters of the runoff and the water regime of the Ural River and its tributaries, spatial and temporal patterns and factors of its changes developed gradually, in accordance with the requests of the water management complex and during the preparation of large monographs, specialized reference books, etc. There are two most important periods with the largest number of publications – the 1960s-1980s and the modern stage, since the 2000s.

Key words: river, gauging station, runoff, water regime, discharge parameters, temporal and spatial variability, overview.

References

1. Magritskii D.V., Kenzhebaeva A.Zh. Zakonomernosti, kharakteristiki i prichiny izmenchivosti godovogo i sezonnogo stoka vody rek v basseine r. Ural. Nauka. Tekhnika. Tekhnologiya (politekhnikeskii vestnik). 2017. N 3. S. 39-61.
2. Chibilev A.A. Bassein Urala: Istoriya, geografiya, ekologiya. Ekaterinburg: SV-96, 2008. 312 s.
3. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 12. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyi Kazakhstan. Vyp. 3. Aktyubinskaya oblast'. L.: Gidrometeoizdat, 1966. 515 s.
4. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 12. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyi Kazakhstan. Vyp. 2. Uralo-Embinskii raion. L.: Gidrometeoizdat, 1970. 512 s.
5. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 12. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyi Kazakhstan. Vyp. 2. Uralo-Embinskii raion. Prilozheniya. L.: Gidrometeoizdat, 1970. 155 s.
6. Skhema kompleksnogo ispol'zovaniya i okhrany vodnykh ob'ektov basseina reki Ural (Rossiiskaya chast'). T. 1-6. Ekaterinburg: FGUP "RosNIIVKh", 2013.
7. Klimenko D.E. Godovoi stok Urala. Perm', 2011. 196 s.
8. Perspektivy kompleksnogo ispol'zovaniya vodno-zemel'nykh resursov basseina reki Ural. S.G. Boskis, M.N. Trotskii. Moskva; Tashkent: Sazgiprovod, 1934. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://elib.rgo.ru/handle/123456789/229311> (data obrashcheniya: 21.09.2022).
9. Spravochnik po vodnym resursam SSSR. T. 12. Ural i Yuzhnoe Priural'e. Ch. 1. Pod obshch. red. L.K. Davydova. Leningrad-Moskva, 1936. 664 s.
10. Davydov L.K. Gidrografiya SSSR (vody sushi). Ch. II. L.: Izd-vo LGU, 1955. 600 s.
11. Zaikov B.D. Srednii stok i ego raspredelenie v godu na territorii SSSR. Trudy NIU GUGMS. Ser. IV. 1946. Vyp. 24. 148 s.
12. Kuzin P.S. Klassifikatsiya rek i gidrologicheskoe raionirovanie SSSR. L.: Gidromet. izd-vo, 1960. 455 s.
13. Karta "Vodnyi rezhim rek Rossii i sopredel'nykh territorii". Karta dlya vysshei shkoly. Masshtab 1:8 000 000. Novosibirsk: Roskartografiya, 2001.
14. Natsional'nyi atlas Rossii. T. 2. Priroda, ekologiya. M.: Roskartografiya, 2007. 496 s.
15. Chibilev A.A. Doroga k Kaspiyu. Alma-Ata: "Kainar", 1988. 240 s.
16. Davletgaliev S.K. Prognoz gidrografa stoka reka Zhaiyk – Selo Kushum na osnove smodelirovannykh ryadov. Vodnye resursy Tsentral'noi Azii i ikh ispol'zovanie: Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Kn. 2. Almaty, 2016. S. 63-69.
17. Entsiklopediya "Reki i ozera mira". Pod. nauch. red. V.I. Danilova-Danil'yana. Moskva: Entsiklopediya, 2012. 924 s.
18. Nauchno-populyarnaya entsiklopediya "Voda Rossii". [Elektronnyi resurs]. URL: <https://water-rf.ru> (data obrashcheniya: 12.10.2019).
19. Spravochnik po vodnym resursam SSSR. T. 12. Ural i Yuzhnoe Priural'e. Ch. 2. Pod obshch. red. L.K. Davydova. Leningrad-Moskva, 1936. 960 s.
20. Bykov V.D. Stok rek Urala. M., 1963. 144 s.
21. Sokolovskii D.L. Vodnye resursy rek promyshlennogo Urala i metodika ikh rascheta. Trudy Nauchno-issledovatel'skikh uchrezhdenii gidrometsluzhby. Ser. IV. Vyp. 7. Sverdlovsk; Moskva, 1943. 248 s.
22. Atlas raschetnykh gidrologicheskikh kart i nomogramm. L.: Gidrometeoizdat, 1986. 23 l.
23. Natsional'nyi atlas Respubliki Kazakhstan. T. I: Prirodnye usloviya i resursy Almaty, 2010. 150 s.
24. Sivokhip Zh.T., Pavleichik V.M., Chibilev A.A., Padalko Yu.A. Sovremennye izmeneniya vodnogo rezhima rek basseina r. Ural. Voprosy geografii. 2018. N 145. Gidrologicheskie izmeneniya. S. 298-313.

25. Sivokhip Zh.T., Pavleichik V.M., Chibilev A.A. Izmeneniya vodnogo rezhima rek basseina reki Ural. Doklady Akademii nauk. Nauki o Zemle. 2019. T. 488. N 5. S. 545-549.
26. Magritskii D.V., Evstigneev V.M., Yumina N.M., Toropov P.A., Kenzhebaeva A.Zh., Ermakova G.S. Izmeneniya stoka v basseine r. Ural. Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2018. N 1. S. 90-101.
27. Fatkhutdinova R., Gareeva D. River runoff variability at watercourses of the Ural river basin. E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 163. 05002.
28. Voda Rossii. Rechnye basseiny. Pod nauch. red. A.M. Chernyaeva. Ekaterinburg: "AKVA-PRESS", 2000. 536 s.
29. Davletgaliev S.K. Poverkhnostnye vodnye resursy rek Zhaiyk – Kaspiiskogo basseina v granitsakh Respubliki Kazakhstan. Gidrometeorologiya i ekologiya. 2011. N 1. S. 56-65.
30. Mikhailov V.N., Kravtsova V.I., Magritskii D.V., Mikhailova M.V., Isupova M.V. Del'ty kaspiiskikh rek i ikh reaktsiya na izmenenie urovnya morya. Vestn. Kaspiya. 2004. N 6. S. 60-104.
31. Mikhailov V.N., Magritskii D.V., Kravtsova V.I., Mikhailova M.V., Isupova M.V. Vozdeistvie izmeneniya urovnya Kaspiiskogo morya i vodokhozyaistvennykh meropriyatii na gidrologicheskii rezhim i morfologiyu ust'ev rek. Vestn. Moskovskogo un-ta. Seriya 5. Geografiya. 2011. N 2. S. 85-95.
32. Ivkina N.I. Izmenenie pritoka v Kaspiiskoe more v rezul'tate antropogennogo vozdeistviya i izmeneniya klimata na primere r. Zhaiyk (Ural). Gidrometeorologiya i ekologiya, 2016. N 3. S. 50-55.
33. Ust'ya rek Kaspiiskogo regiona: istoriya formirovaniya, sovremennye gidrologo-morfologicheskie protsessy i opasnye gidrologicheskie yavleniya. Pod red. V.N. Mikhailova. M.: GEOS, 2013. 703 s.
34. Magritsky D.V., Kenzhebaeva A.K., Yumina N.Yu., Efimova L.E., Moreido V.M. Climatic changes and water management in the Ural River basin and their impact on the river water regime. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. vol. 817. no. 012062. pp. 1-10. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012062.
35. Abdrakhimov R.G., Chigrinets A.G. Problemy otsenki vliyaniya khozyaistvennoi deyatel'nosti na stok nekotorykh rek Zapadnogo Kazakhstana. Gidrometeorologiya i ekologiya. 2009. N 1. S. 18-22.
36. Yumina N.M., Kozlov M.O. Analiz mnogoletnei izmenchivosti stoka rek basseina r. Ural. Evraziiskii Soyuz Uchenykh (ESU). 2021. N 1(82). S. 9-12.
37. Sivokhip Zh. T., Pavleichik V.M., Padalko Yu.A. Izmenenie minimal'nogo stoka v basseine r.Ural. Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya. 2021. T. 85. N 6. S. 900-913.
38. Sivokhip Zh.T., Pavleichik V.M., Chibilev A.A. Izmenenie stoka zimnei mezheni v basseine r. Ural. Doklady Akademii nauk. Nauki o Zemle. 2021. T. 499. N 2. S. 203-208.
39. Vodnye resursy i vodnyi balans territorii Sovetskogo Soyuza. L.: Gidrometeoizdat, 1967. 203 s.
40. Mirovoi vodnyi balans i vodnye resursy Zemli. M., L.: Gidrometeotzdat, 1974. 638 s.
41. Vodnye resursy SSSR i ikh ispol'zovanie. L.: Gidrometeoizdat, 1987. 300 s.
42. Vodnye resursy Rossii i ikh ispol'zovanie. Pod red. I.A. Shiklomanova. SPb.: GGI, 2008. 600 s.
43. Podosenova I.A. Osobennosti struktury vodnogo balansa basseina reki Ural i ego geoekologicheskaya znachimost': avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Orenburg, 2005. 19 s.
44. Rodionov V.Z. Vliyanie khozyaistvennoi deyatel'nosti na stok r. Urala. Trudy GGI. 1977. Vyp. 239. S. 109-122.
45. Grigor'ev O.M. Otsenka vliyaniya promyshlenno-kommunal'nogo vodopotrebleniya na stok r. Ural. Trudy GGI. 1981. Vyp. 273. S. 44-61.
46. Kuzin P.S., Babkin V.I. Geograficheskie zakonomernosti gidrologicheskogo rezhima rek. L.: Gidrometeoizdat, 1979. 200 s.

47. Bubin M.N. Mnogoletnie kolebaniya sezonnogo stoka rek Chelyabinskoi oblasti: avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Chelyabinsk, 2007. 19 s.
48. Bubin M.N. Raionirovanie territorii po sinkhronnosti mnogoletnikh kolebanii zimnego stoka rek (na primere Chelyabinskoi oblasti). Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. 2010. T. 316. N 1. S. 137-142.
49. Chibilev A.A., Padalko Yu.A. Sovremennaya antropogennaya nagruzka v basseine reki Sakmary i problemy ee ogranicheniya. Problemy prikladnoi ekologii. 2014. T. 16. N 5. S. 304-307.
50. Vasil'ev D.Yu., Sivokhip Zh.T., Chibilev A.A. Dinamika klimata i vnutrivkovye kolebaniya stoka v basseine reki Ural. Doklady Akademii nauk. Nauki o Zemle. 2016. T. 469. N 1. S. 102-107.
51. Vasil'ev D.Yu., Vodop'yanova V.V., Zakirzyanova Sh.I., Kenzhebaeva A.Zh., Semenov V.A., Sivokhip Zh.T. Korrelyatsionnye svyazi mnogoletnikh kolebanii mesyachnogo i godovogo stoka v basseine reki Ural. Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 2020. T. 84. N 3. S. 414-426.
52. Polonskii V.F., Ostroumova L.P. Veroyatnostnye otsenki urovnya vody na ust'evom uchastke r. Ural pri vzaimodeistvii ee stoka i nagonov. Vodnye resursy. 2002. T. 29. N 5. S. 542-551.
53. Sivokhip Zh.T., Pavlechnik V.M. Sovremennye tendentsii vnutrigodovogo raspredeleniya rechnogo stoka v basseine r. Ural. Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya "Nauki o Zemle". 2020. T. 33. S. 112-123.
54. Terekhov A.G., Ivkina N.I., Abaev N.N., Galaeva A.V., Eltai A.G. Reaktsiya stoka reki Ural na izmeneniya vysoty snezhnogo pokrova v ee basseine v period 2001-2019 gg. Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2020. T. 17. N 5. S. 181-190. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-181-190.
55. Lineitseva A.V. Postuplenie stoka v Respubliku Kazakhstan po reke Ural na perspektivu do 2035 goda. Gidrometeorologiya i ekologiya. 2011. N 2. S. 64-68.
56. Alieva M.B., Sidorova M.V., Kashutina E.A. Prognoz stoka v basseine r. Ural v 21 veke. Transgranichnye vodnye ob"ekty: ispol'zovanie, upravlenie, okhrana: sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (Sochi, 20-25 sent. 2021 g.). Novochoerkassk, 2021. S. 18-22.
57. Ivkina N.I., Galaeva A.V., Sairov S.B., Dolgikh S.A., Smirnova E.Yu. Otsenka godovogo stoka reki Zhaiyk (Ural) v stvore u s. Kushum na perspektivu do 2050 g. s uchedom izmeneniya klimata. Gidrometeorologiya i ekologiya. 2020. N 3. S. 52-68.

Сведения об авторах:

Дмитрий Владимирович Магрицкий

К.г.н., доцент, старший научный сотрудник, МГУ им. М.В. Ломоносова

ORCID 0000-0002-4953-8376

Dmitriy Magritskiy

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Lomonosov Moscow State University

Жанна Тарасовна Сивохип

К.г.н., ведущий научный сотрудник, Институт степи УрО РАН

ORCID 0000-0001-5704-0554

Zhanna Sivohip

Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Владимир Михайлович Павлейчик

К.г.н., ведущий научный сотрудник, Институт степи УрО РАН

ORCID 0000-0002-2846-0442

Vladimir Pavleichik

Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Даулет Курмангазыевич Кисебаев

Начальник Отдела метеорологических прогнозов в филиале РГП «Казгидромет» по г. Алматы (Казахстан)

Daulet Kisebaev

Head of the Meteorological Forecasts Department at the Branch of RSE “Kazhydromet” in Almaty (Kazakhstan)

Для цитирования: Магрицкий Д.В., Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Кисебаев Д.К. Научно-прикладное изучение стока рек в бассейне Урала в XX в. – начале XXI в. Часть 1. Сток и водный режим. Многолетние изменения // Вопросы степеведения. 2023. № 1. С. 25-44. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-1-25-44

АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ОРЕНБУРГСКОГО КРАЯ: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

Д.А. Ильютчик

Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

e-mail: dmitrij91@mail.ru

В статье рассматривается административное устройство Оренбургского края от начала образования губернии по настоящее время. За более чем двухсот пятидесятилетнюю историю территория региона менялась не раз. Причинами этому было не только присоединение в состав региона новых территорий, но и недовольство народа политикой правления внутри страны. Более подробно рассмотрено административное устройство Чкаловской области в конце 30-х годов XX века.

Ключевые слова: административное устройство, губерния, уезд, область.

Введение

Тема основания Оренбургской области имеет богатую историю. С того момента, как впервые был заложен город Оренбург, прошло более двухсот пятидесяти лет. За это время Оренбургский край не раз претерпевал изменения в административно-территориальном устройстве. Выделим несколько важнейших событий, которые так или иначе повлияли на установление границ Оренбургской губернии, а в последующем и Оренбургской области.

В начале XVIII века большая по площади территория от Алтая до Аральского моря была под властью Джунгарского ханства. Под предводительством хана Галдан Цирена джунгары совершали постоянные набеги на кочевые племена казахов и других народов Азии. Изнемогая и страдая от недостатка кормов, гибели людей и скота, потерянных в результате постоянных стычек с джунгарами, калмыками и башкирами, Абулхайр-хан, предводитель Малой Орды, отправил посольство к императрице Анне Иоанновне с целью прошения о помощи, защите и в последующем вхождении в подданство Российской империи.

В апреле 1735 года из г. Уфа отправилась Оренбургская экспедиция во главе со статским советником И.К. Кириловым. Уже в августе того же года, достигнув территории места слияния рек Яик и Орь, им был заложен город-форпост Оренбург, представляющий «небольшую крепостцу о четырех бастионах, с малой цитаделью, которая была расположена на горе Преображенской, названной так в память прибытия Экспедиции в день Преображения 6-го августа» [1, с. 29].

В силу природных условий: безлесной местности, скудного почвенного покрова, весеннего половодья, заливающего город водою, а также трудности в доставке провизии новый начальник Оренбургской комиссии тайный советник В.Н. Татищев смог доказать целесообразность переноса крепости на новое место – урочище Красная Гора. Новый план постройки города был утвержден Сенатом, но присутствовать лично на закладке крепости Василию Никитичу было не суждено – он был отозван в Санкт-Петербург.

17 июня 1739 года новым – третьим по счету – начальником Оренбургской комиссии был назначен генерал-лейтенант князь Василий Алексеевич Урусов. Под его началом была заложена Красногорская крепость, где «все ограничилось богослужением и пальбой, а также выкапыванием рва в несколько саженей» [2, с. 58].

После смерти Урусова от цинги очередным руководителем Оренбургской комиссии был назначен Иван Иванович Неплюев. Получив официально назначение в январе 1742 года и проанализировав ошибки и просчеты, допущенные в строительстве города Оренбург

(ныне г. Орск) и крепости Красногорская, Иван Иванович задался целью подыскать новое место для строительства города. Осмотрев несколько участков, Неплюев остановился на Бердской слободе, подтвердив в своем докладе в Сенат правильность своего решения весьма весомыми доводами: расположение двух рек – Яик и Сакмара обеспечивало сплавление деревьев из более лесистых мест, которые были необходимы для постройки новой крепости. Ровная местность, планируемая под застройку, создавала благоприятное условие в строительстве стен прямо у берега. В округе от места слияния рек было лучшее хлебопашество и покосы. Неподалеку имелось большое обилие строительного камня. Существенную роль в выборе места под строительство играло расположение будущей крепости в относительной близости от караванных путей.

Весной, а именно 19 апреля 1743 года, на новом месте был заложен Оренбург. Отряд под руководством генерал-майора фон Штокмана начал возведение стен крепости нового города. 15 марта 1744 года вышел указ об образовании в пространствах Южного Урала Оренбургской губернии с губернским городом Оренбург (рис. 1). Первым губернатором был назначен Неплюев.

В конце XVIII века граница Оренбургской губернии претерпела изменение. Заметную роль в этом сыграло Пугачевское восстание 1773-1775 гг. под предводительством Емельяна Пугачева. Бунт был подавлен, его зачинщики были наказаны. Перед правительством Российской империи было раскрыто истинное состояние дел Оренбургского края: невозможность губернатором управлять столь обширными территориями, населенными народами разных национальностей. Вследствие этого указом императрицы Екатерины II в 1782 году Оренбургская губерния была упразднена, вместо нее были учреждены Симбирское и Уфимское наместничества. В состав последнего вошли две области – Уфимская и Оренбургская. В свою очередь Оренбургская область состояла из следующих уездов: Оренбургский, Бузулукский, Верхне-Уральский, Сергиевский и Троицкий. С 1784 года край стал именоваться Уфимским наместничеством. Управление краем было переведено вначале из Оренбурга в Симбирск, а затем в Уфу. Наместником края был назначен барон Игельстром.

В 1796 году указом императора Павла I Оренбургская губерния была восстановлена. В ее состав вошли 10 уездов Оренбургской и Уфимской областей. Управлять губернией был поставлен военный губернатор барон Игельстром. В связи с этим все губернские учреждения были перенесены из г. Уфа в губернский город Оренбург.

Административное деление территории Оренбургской губернии продолжалось и далее. В 1850 году из состава губернии отошли к вновь созданной Самарской губернии г. Самара и следующие уезды: Бугульминский, Бугурусланский и Бузулукский. В 1865 году последовал новый раздел: территория Оренбургской губернии была поделена на Оренбургскую и Уфимскую губернии. Таким образом, в состав Оренбургской губернии входило пять уездов: Оренбургский, Орский, Верхнеуральский, Троицкий и Челябинский. Все остальные уезды вошли в состав Уфимской губернии.

В 1919 году от Оренбургской губернии, площадью 191 371 км², отошли огромные территории, которые были переданы Башкирской Автономной Советской Социалистической Республике и Челябинской губернии. При этом в административном отношении губерния была поделена на восемь районов: Шарлыкский, Исаево-Дедовский, Покровский, Краснохолмский, Илецкий, Оренбургский, Петровский и Орский [3].

Следует отметить, что в 1920 году Оренбургская губерния вошла в состав Киргизской АССР, а ее территория расширилась за счет присоединенных к ней Тургайской и части Уральской областей, получив после этого название Оренбургско-Тургайской губернии. Город Оренбург стал столицей автономной республики. Но в этом новом своем составе губерния просуществовала лишь до середины 1921 года, когда от нее целиком отошли вновь присоединенные части и, когда она снова стала именоваться Оренбургской [3]. Столичный статус Оренбург сохраняет до конца 1924 г., когда столица Казахстана переводится в город Кызыл-Орду [4].

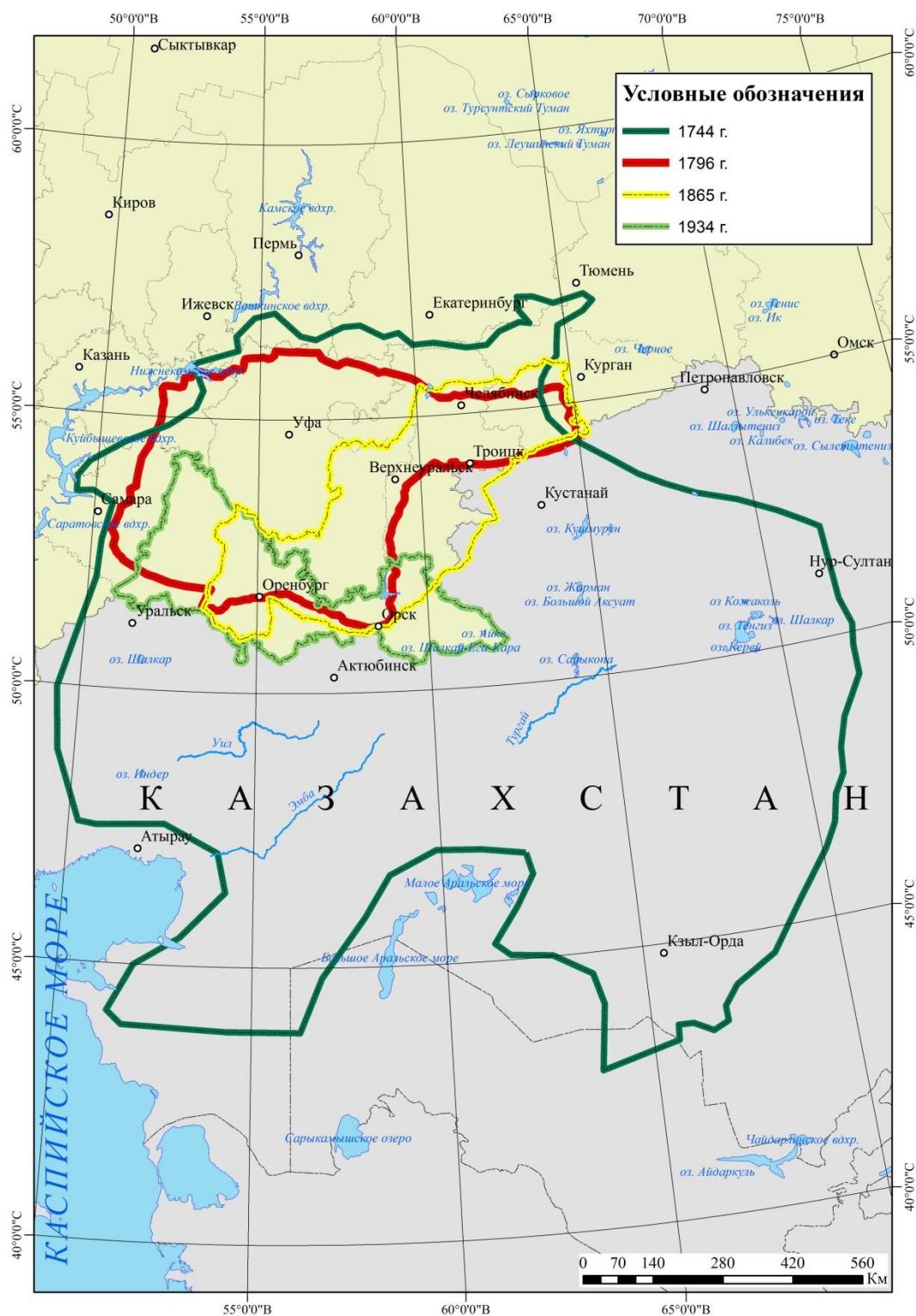


Рисунок 1 – Изменение границ Оренбургского края в XVIII-XX вв.

Примечание: составлено автором на основе [6-9]

6 апреля 1925 года Оренбургская губерния была выделена из состава Киргизской (Казахской) АССР и отходит к РСФСР. Постановлением ВЦИК и СНК РСФСР от 14 мая 1928 года Оренбургская губерния была преобразована в Оренбургский округ, который вошел в состав Средне-Волжской области. В августе 1930 года округа были упразднены. С этого времени районы, в том числе и бывшего Оренбургского округа, непосредственно входили в

состав Средне-Волжского края. 7 декабря 1934 года в составе 52 районов была образована Оренбургская область (с 1938 г. по 1957 г. она называлась Чкаловской) [5].

На 1 января 1939 года Чкаловская область была поделена на 50 административных районов и 5 городов (рис. 2).



Рисунок 2 – Административно-территориальное устройство Чкаловской области в 1939 году

Примечание: составлено автором на основе [9]

Цель исследования – провести анализ административно-территориального устройства Оренбургского края на конец 30-х годов XX века и начало 20-х годов XXI века. Полученные результаты могут быть использованы при преподавании курсов «Историческая география», «География Оренбургской области».

Материалы и методы

Материалом исследования послужили литературные источники и географические карты, представленные на официальных общедоступных сайтах:

1. Генеральная карта Оренбургской губернии и смежных мест атласа «Оренбургская губерния с прилегающими к ней местами, по «Ландкартам» Красильникова и «Топографии» П.И. Рычкова 1755 года» [6].
2. Карта Оренбургской губернии из атласа Вильбрехта [7].
3. Генеральная карта Оренбургского края 1875 года [8].
4. Административная карта Чкаловской области 1939 г. [9].

Основные методы, используемые нами в данной статье: историко-географический, картографический. К тому же нами были рассмотрены и проанализированы карты из

географических атласов Оренбургской области, иллюстрирующие изменение границ, историко-культурное наследие края [10, 11].

Результаты и обсуждение

Используя программу ArcGIS for Desktop, выявим различия в административно-территориальном устройстве области прошлого и настоящего. Для этого наложим друг на друга оцифрованные административную карту Чкаловской области (1939 г.) и карту административно-территориального устройства Оренбургской области (2022 г.) (рис. 3, 4).

В результате были выявлены следующие отличительные черты в административном устройстве области:

1) в январе 1957 года был упразднен Секретарский район, территория которого была присоединена к Сок-Кармалинскому району. В свою очередь объединенному району было присвоено новое наименование: Северный район. Районный центр село Сок-Кармалинск был переименован в село Северное;

2) западная часть области в 1939 году более раздроблена на муниципальные районы, по сравнению с восточной. При этом территории районов востока области имели большие площади. Например, площадь территории Адамовского района – наглядный тому пример: в 1939 году она равнялась 15 700 км². [12]. В 2022 году эта цифра, вследствие образования в феврале 1963 года Светлинского района, а в декабре 1979 года Ясенского района с центром в г. Ясный, уменьшилась практически вдвое и составила 6 290 км² [13];

3) сопоставив две карты, можно заметить, что территория равная площади примерно около 150 кв. км (села Брусиловка и Краснояр) Буранного района Чкаловской области в настоящее время расположена на территории другой страны – Казахстана;

4) решением президиума облисполкома районный центр Кувандыкского района в 1937 году был перенесен из Кувандыка в село Разъезд № 10 (в последующем переименованный в Разъезд Медный), которое объединяло такие рабочие поселки, как Никитино и Ракитянка. Это было сделано с целью приближения районных органов власти к рабочим строившегося медного комбината «Ормедьзолото». Затем Указом Президиума Верховного Совета РСФСР от 8 апреля 1939 года поселки Разъезда Медный Кувандыкского района Чкаловской области были объединены в г. Медногорск. Так более девяносто лет назад «на карте Оренбуржья появился первый город, названный именем металла, давшего ему жизнь. 26 апреля 1939 года облисполком принял решение: "Перенести центр Кувандыкского района в селение Кувандык"» [14, с. 93];

5) село Краснохолм в прошлом было административным центром одноименного района – Краснохолмский. В настоящее время село относится к городскому округу Оренбург. Помимо него в состав округа входят еще девять населенных пунктов: с. Городище, п. Холодные Ключи, п. Самородово, п. Троицкий, с. Пруды, п. Бердянка, п. Каргала, п. Красный Партизан, п. Нижнесакмарский;

6) хорошо видно, что государственная граница, проходящая между двумя странами: Казахстаном и Россией, отделяет территорию (площадью равной примерно 2 тыс. км²) бывшего Адамовского района в его юго-восточной части (рис. 4);

7) часть территории бывшего Новопокровского района (ныне территория Кувандыкского городского округа) на сегодняшний момент принадлежит Республике Башкортостан;

8) отметим тот факт, что в 1939 году граница между Казахской ССР и Чкаловской областью в районе города Орск (в юго-западном направлении от города) проходила на расстоянии 3-4 км. На сегодняшний момент государственная граница удалена от города, а территория площадью около 140 км² принадлежит городу Орск.

Выводы

Административно-территориальное устройство Оренбургского края на протяжении двухсот пятидесяти лет неоднократно менялось. Применяв метод картографического анализа, нами были рассмотрены этапы ее изменения и проведен анализ административного устройства Оренбургского края на конец 30-х г. XX века и настоящего времени.

На сегодняшний момент административно-территориальное устройство области упрочилось, а изменениям в основном подвержено муниципальное устройство области: преобразование муниципальных образований в статус городских округов.

Возможности программы ArcGIS for Desktop, помимо визуализации данных, позволяют получить более глубокие и расширенные выводы при использовании инструментов пространственной статистики. Их применение является задачей наших дальнейших исследований.



Рисунок 3 – Административное устройство Оренбургской области в 2022 году

Примечание: составлено автором на основе [13]

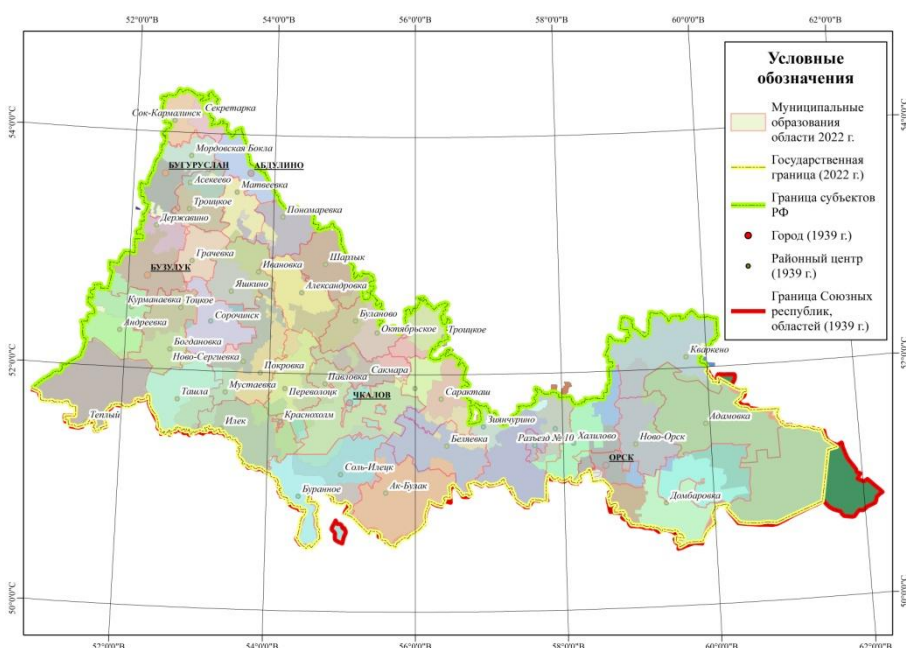


Рисунок 4 – Различия в административном устройстве области в 1939 и 2022 годах

Список литературы

1. Рязанов А.Ф. Оренбургский край: исторический очерк. Оренбург: Изд. журнала «Вестник Просвещенца», 1928. 142 с.
2. Сафонов Д.А. Начало Оренбургской истории (Создание Оренбургской губернии в середине XVIII в.). Оренбург: Оренбургская губерния, 2003. 92 с.
3. Сельскохозяйственные районы и земельные нормы Оренбургской губернии / Под ред. Л.Л. Ловырева. Оренбург: Оренполиграфпром, 1927. 267 с.
4. Чибилёв А.А. (мл), Богданов С.В. Картографический анализ исторической эволюции границ Оренбургской губернии // Уральский исторический вестник. 2016. № 2(51). С. 126-135.
5. Оренбургская область за 50 лет, 1934-1983: Стат. сб. / Общ. ред. О.М. Туля. Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1984. 96 с.
6. Геопортал картографического фонда Русского географического общества. [Электронный ресурс]. URL: <https://geoport.ru/record/5393> (дата обращения: 30.08.2022).
7. Сайт старинных карт городов, областей России «Это место». [Электронный ресурс]. URL: http://www.etomesto.ru/map-orenburg_orenburgskaya-gub-1800/ (дата обращения: 30.08.2022).
8. Сайт старинных карт городов, областей России «Это место». [Электронный ресурс]. URL: http://www.etomesto.ru/map-orenburg_kray-1851-1875/ (дата обращения: 30.08.2022).
9. Сайт старинных карт городов, областей России «Это место». [Электронный ресурс]. URL: http://www.etomesto.ru/map-orenburg_chkalovskaya-obl-1939/ (дата обращения: 30.08.2022).
10. Атлас Оренбургской области / под ред. Г.А. Русскина. М: Федер. служба геодезии и картографии России, 1993. 40 с.
11. Географический атлас Оренбургской области. М.: Изд-во «ДИК», 1999. 96 с.
12. Административное и территориальное деление Чкаловской области. Чкалов: Облиздат, 1939. 118 с.
13. Географический атлас Оренбургской области / А.А. Соколов, А.А. Чибилёв, О.С. Руднева, Е.В. Барбазюк, С.А. Дубровская, Н.О. Кин, А.И. Климентьев, С.В. Левыкин, В.М. Павлейчик, Ю.А. Падалко, В.П. Петрищев, Д.Г. Поляков, А.Г. Рябуха, Ж.Т. Сивохип, А.А. Чибилёв (мл.). Оренбург: Институт степи УрО РАН; РГО, 2020. 160 с.
14. Альтов В.Г. Медногорск. Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1989. 224 с.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 23.08.2022

Принята к публикации 16.03.2023

ADMINISTRATIVE AND TERRITORIAL STRUCTURE OF THE ORENBURG REGION: PAST AND PRESENT

D. Ilyutchik

Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg
e-mail: dmitrij91@mail.ru

The article discusses the administrative structure of the Orenburg region from the beginning of the formation of the province to the present time. The territory of the region has changed several times for more than two hundred and fifty years of its history. The reasons were not only the

accession of new territories to the region, but also the dissatisfaction of the people with the policy of government within the country. The administrative structure of the Chkalov region in the late 1930s of the XX century is considered in more detail.

Key words: administrative unit, province, county, region.

References

1. Ryazanov A.F. Orenburgskii krai: istoricheskii ocherk. Orenburg: Izd. zhurnala "Vestnik Prosveshchentsa", 1928. 142 s.
2. Safonov D.A. Nachalo Orenburgskoi istorii (Sozdanie Orenburgskoi gubernii v seredine XVIII v.). Orenburg: Orenburgskaya guberniya, 2003. 92 s.
3. Sel'skokhozyaistvennye raiony i zemel'nye normy Orenburgskoi gubernii. Pod red. L.L. Lovyreva. Orenburg: Orenpoligrafprom, 1927. 267 s.
4. Chibilev A.A. (ml), Bogdanov S.V. Kartograficheskii analiz istoricheskoi evolyutsii granits Orenburgskoi gubernii. Ural'skii istoricheskii vestnik. 2016. N 2(51). S. 126-135.
5. Orenburgskaya oblast' za 50 let, 1934-1983: Stat. sb. Obshch. red. O.M. Tulya. Chelyabinsk: Yuzh.-Ural. kn. izd-vo, 1984. 96 s.
6. Geoportal kartograficheskogo fonda Russkogo geograficheskogo obshchestva. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://geoportal.rgo.ru/record/5393> (data obrashcheniya: 30.08.2022).
7. Sait starinnykh kart gorodov, oblastei Rossii "Eto mesto". [Elektronnyi resurs]. URL: http://www.etomesto.ru/map-orenburg_orenburgskaya-gub-1800/ (data obrashcheniya: 30.08.2022).
8. Sait starinnykh kart gorodov, oblastei Rossii "Eto mesto". [Elektronnyi resurs]. URL: http://www.etomesto.ru/map-orenburg_kray-1851-1875/ (data obrashcheniya: 30.08.2022).
9. Sait starinnykh kart gorodov, oblastei Rossii "Eto mesto". [Elektronnyi resurs]. URL: http://www.etomesto.ru/map-orenburg_chkalovskaya-obl-1939/ (data obrashcheniya: 30.08.2022).
10. Atlas Orenburgskoi oblasti. Pod red. G.A. Russkina. M: Feder. sluzhba geodezii i kartografii Rossii, 1993. 40 s.
11. Geograficheskii atlas Orenburgskoi oblasti. M.: Izd-vo "DIK", 1999. 96 s.
12. Administrativnoe i territorial'noe delenie Chkalovskoi oblasti. Chkalov: Oblizdat, 1939. 118 s.
13. Geograficheskii atlas Orenburgskoi oblasti. A.A. Sokolov, A.A. Chibilev, O.S. Rudneva, E.V. Barbazyuk, S.A. Dubrovskaya, N.O. Kin, A.I. Kliment'ev, S.V. Levykin, V.M. Pavleichik, Yu.A. Padalko, V.P. Petrishchev, D.G. Polyakov, A.G. Ryabukha, Zh.T. Sivokhip, A.A. Chibilev (ml.). Orenburg: Institut stepi UrO RAN; RGO, 2020. 160 s.
14. Al'tov V.G. Mednogorsk. Chelyabinsk: Yuzh.-Ural. kn. izd-vo, 1989. 224 s.

Сведения об авторах:

Дмитрий Алексеевич Ильючик

Инженер стационара «Оренбургская Тарпания», Институт степи УрО РАН

ORCID 0000-0002-0848-5060

Dmitry Ilyutichik

Engineer of the hospital "Orenburg Tarpaniya", Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg

Для цитирования: Ильючик Д.А. Административно-территориальное устройство Оренбургского края: прошлое и настоящее // Вопросы степеведения. 2023. № 1. С. 45-52. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-1-45-52

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БОРЬБЫ С ИНВАЗИЕЙ ВИДОВ ЗОЛОТАРНИКА СРЕДСТВАМИ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ В БЕЛАРУСИ

С.К. Бакей¹, *М.М. Мотыль¹, О.В. Созинов², Ю.И. Высоцкий³

¹Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Республика Беларусь, Минск

²Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Республика Беларусь, Гродно

³Витебский государственный университет им. П.М. Машерова,

Республика Беларусь, Витебск

*e-mail: uchsec@tut.by

Приведены результаты исследований по установлению эффективных норм применения гербицидов селективного действия для искоренения инвазионных популяций золотарника (*Solidago canadensis* и *Solidago gigantea*). Установлено, что в условиях Беларуси наиболее перспективен гербицид Магнум, ВДГ на основе метсульфурон-метила в нормах применения от 40 г/га в южной и западной, до 70 г/га в центральной и 100 г/га в ее северной части. Предложен состав его универсальной баковой смеси с глифосатсодержащим гербицидом Торнадо 500 для искоренения золотарника в регионах умеренного климата.

Ключевые слова: биотоп, гербицид, инвазия, золотарник, Магнум, AIPS, *Solidago*.

Введение

В последние годы в Беларуси и сопредельных регионах наблюдается стремительная экспансия золотарника канадского (*Solidago canadensis* L. s.l.) и золотарника гигантского (*Solidago gigantea* Aiton). Занимаемые ими площади постоянно увеличиваются. Всего на территории Беларуси выявлено более 2 тысяч мест произрастания этих агрессивных видов [1, 2] на площади более 500 га (<http://www.plantcadastre.by>). В Российской Федерации инвазия американских золотарников также отмечена не только в урбанизированных ландшафтах, но и в естественных биотопах [3-5] лесостепной (Тульская и Тамбовская обл.) и степной зонах (Воронежская, Курская, Ростовская обл. и др.). С этими растениями как инвазивными агрессорами, ведется активная борьба [6, 7]. Однако если на небольших территориях искоренение золотарника достигается многократным скашиванием и не вызывает особых трудностей, то на обширных пространствах без применения гербицидов не обойтись. При обработках достигается эффективное искоренение как существующих зарослей, так и превентивный контроль формирующихся популяций. Норма использования препаратов корректируется с учетом плотности популяций, особенностей эдафотопы и природно-климатических условий. Полученный при этом опыт борьбы с инвазионными видами растений рекомендуется к использованию в соседних регионах и способствует достижению общей цели экологической безопасности.

Для борьбы с аллохтонными золотарниками на землях несельскохозяйственного пользования и в населенных пунктах на территории Республики Беларусь в 2014 г. разрешен гербицид общего действия Торнадо 500 ВР (Торнадо 500) в довольно высоких дозах – около 5 л/га. Вместе с тем для снижения химической нагрузки и эффективного искоренения золотарников как агрессивных видов может быть использован широкий спектр более рациональных (биорациональных) гербицидов селективного действия и их баковых смесей.

Такие многоплановые исследования с применением гербицидов селективного действия проведены в 2014-2020 гг. на территории Беларуси.

Цель работ – установить состав эффективных гербицидов и их баковых смесей для искоренения популяций инвазионных золотарников, провести их регистрационные

испытания и уточнение биорациональных норм применения при использовании в эдафически и климатически разнородных регионах Беларуси. В связи с этим проведена серия синхронных полевых экспериментов в северной, центральной и западной части Беларуси по установлению биологической эффективности селективных гербицидов Агростар ВДГ (водно-дисперсионные гранулы; Агростар), Лонтрел 300 ВР (водный раствор; Лонтрел 300), Магнум ВДГ (водно-дисперсионные гранулы; Магнум) и др. и их смесей с Торнадо.

Материалы и методы

Эксперименты с применением средств защиты растений закладывали на опытных полигонах согласно Методическим указаниям по проведению регистрационных испытаний гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь [8]. Полигоны располагались в северной (г. Витебск), центральной (г. Минск) и западной (г. Гродно) части Беларуси.

Полевые исследования на опытных полигонах выполнены в 2014-2015 г. Дальнейшая программа работ включала оценку действия зарегистрированного гербицида Магнум ВДГ и др. гербицидов и их смесей [9] во всех регионах Беларуси. Вид испытаний: полевой мелкоделяночный опыт. Площадь опытных делянок 10 м^2 , расположение – рандомизированное, количество повторностей опыта: четыре. Технология применения средства защиты растений: опрыскивание ранцевым опрыскивателем. Нормы расхода рабочей жидкости: 300 л/га ($0,3 \text{ л/10 м}^2$). Количественный учет растений проводили до обработки, количественно-весовой – через 30 и 60 дней после обработки. Обработка скошенных участков проводилась после отрастания золотарника до 30-50 см. При обработке смешанных популяций обоих видов золотарника, находящихся в одном фитоценозе, оценивали общую эффективность гербицидов, не дифференцируя растения на виды. Надземную фитомассу золотарников скашивали на 1 м^2 и взвешивали на сырой вес (г/м^2). Проективное покрытие растений напочвенного покрова на делянках (10 м^2) определяли по методике [10], а численность золотарника – подсчетом числа побегов на 1 м^2 . Статистическую обработку полученных результатов проводили методами базовой статистики [11].

Результаты и обсуждение

В северной части Беларуси (55,1904 с.ш., 30,2049 в.д., 150 м над у.м., 550-680 мм осадков, вег. период 180-187 суток, зона морозостойкости 3 USDA (United States Department of Agriculture) исследованы смешанные популяции *Solidago canadensis* и *Solidago gigantea*. Почва: дерново-подзолистая, песчаная. Фитоценоотические условия: многолетняя естественно сформировавшаяся заросль золотарников. Фитоценоз образовался на заброшенных огородах (залежный вариант рудеральной растительности).

В 2014 г. выполнено испытание перспективного гербицида Магнум и подбор биорациональных норм гербицида общего действия Торнадо 500 в баковых смесях с гербицидом селективного действия Агростар. Опыты заложены в первой декаде июня.

Варианты опытов:

Контроль – без обработки гербицидами;

Опыт 1 – Торнадо 500, ВР, $1,0 \text{ л/га}$ + Агростар, ВДГ, 10 г/га ;

Опыт 2 – Торнадо 500, ВР, $1,7 \text{ л/га}$ + Агростар, ВДГ, 10 г/га ;

Опыт 3 – Торнадо 500, ВР, $2,0 \text{ л/га}$ + Агростар, ВДГ, 10 г/га ;

Опыт 4 – Магнум, ВДГ, 40 г/га ;

Опыт 5 – Магнум, ВДГ, 70 г/га ;

Опыт 6 – Магнум, ВДГ, 100 г/га .

Исходная плотность золотарника перед обработкой составляла $34\text{-}52 \text{ шт/м}^2$ с сырой массой 370 г/м^2 . При проведении количественно-весаового учета динамики засоренности в

октябре, средняя плотность золотарника в контроле без обработки составила 42 шт/м², а масса возросла до 620 г/м². Оценка действия гербицидов (табл. 1) показала, что полное искоренение зарослей золотарника наряду с зарегистрированным гербицидом общего действия Торнадо 500 обеспечивает и селективный гербицид Магнум в норме 100 г/га, а также баковая смесь Торнадо 500 + Агростар в нормах соответственно 1,7-2,0 л/га и 10,0 г/га.

Таблица 1 – Биологическая эффективность гербицидов при обработке золотарника в северной части Беларуси в 2014 г.

Вариант опыта, №	Гибель растений после обработки, %	Снижение, % к контролю	
		численность побегов	сырая масса
1	70	40	40
2	100	20	20
3	90	95	95
4	80	40-50	50
5	85	30-40	40
6	90	100	100

В 2015 г. условия опыта были изменены. Выполнен расширенный объем работ, состоящий из двух серий опытов. Первая серия опытов заложена в июне по вегетирующим зарослям; вторая – в августе по отрастающим после скашивания растениям. В перечень испытуемых препаратов добавлен гербицид Лонтрел 300, применяемый для искоренения сорняков на газонах, а также испытано действие сниженной нормы Торнадо 500 и изменено соотношение норм в его смеси с Агростаром. Повторно испытано действие различных концентраций гербицида Магнум и его смеси с Торнадо 500 в предполагаемой биорациональной норме 1,5 л/га.

Варианты опытов:

Контроль – без обработки гербицидами;

Опыт 1 – Торнадо 500, ВР, 5,5 л/га;

Опыт 2 – Магнум, ВДГ, 40 г/га;

Опыт 3 – Магнум, ВДГ, 70 г/га;

Опыт 4 – Магнум, ВДГ, 100 г/га;

Опыт 5 – Магнум, ВДГ, 40 г/га + Торнадо 500, ВР, 1,5 л/га;

Опыт 6 – Лонтрел 300, ВР, 0,7 л/га + Торнадо 500, ВР, 1,2 л/га;

Опыт 7 – Агростар, ВДГ, 15 г/га + Торнадо 500, ВР, 1,5 л/га.

На нескошенном участке в первой серии опытов исходная численность золотарника перед обработкой во второй декаде июня составляла 110-160 шт/м² с массой 370 г/м². Золотарник был представлен растениями в фазе бутонизации. При учете через 60 дней отмечен прирост массы на 120 г в контроле и гибель растений во всех опытах (табл. 2).

Таблица 2 – Биологическая эффективность гербицидов при обработке зарослей золотарника в северной части Беларуси, 2015 г.

Вариант опыта	До обработки		Снижение показателей после обработки, % к контролю		Гибель золотарника, %
	численность, шт/м ²	сырая масса, г/м ²	численность	сырая масса	
Контроль	130	370	-	-	0
Опыт 1	140	430	100	100	100
Опыт 2	120	400	95	95	95
Опыт 3	140	420	97	97	97
Опыт 4	110	400	100	100	100
Опыт 5	150	420	97	97	97
Опыт 6	130	410	99	99	99
Опыт 7	140	390	99	99	99

Исходная плотность побегов золотарника во второй серии опытов на участке перед скашиванием составляла 150–300 шт/м² с массой до 480 г/м². После отрастания до 30 см число побегов уменьшилось до 130–140 шт/м² с массой 270 г/м². Результаты учета через 60 дней после обработки представлены в таблице 3. Отмечен прирост массы на 80 г в контроле и гибель растений на 95–100 % во всех опытах на скошенных растениях. Опыты подтвердили высокую эффективность гербицида Магнум в норме 100 г/га и показали, что норма применения 1,2–1,7 л/га Торнадо 500 в северной части страны наиболее целесообразна для составления баковых смесей с селективными гербицидами.

Таблица 3 – Биологическая эффективность гербицидов при обработке отрастающего золотарника в северной части Беларуси, 2015 г.

Вариант опыта	До обработки		Снижение показателей после обработки, % к контролю		Гибель золотарника, %
	численность, шт/м ²	сырая масса, г/м ²	плотности	сырой массы	
Контроль	130	270	-	-	0
Опыт 1	140	230	100	100	100
Опыт 2	120	250	95	95	95
Опыт 3	140	240	98	99	99
Опыт 4	110	250	100	100	100
Опыт 5	150	260	97	97	97
Опыт 6	130	240	98	99	99
Опыт 7	140	230	99	99	99

Таким образом, в северной части Беларуси и аналогичных по природно-климатическим условиям зонах Российской Федерации (Псковская, Тверская, Ярославская и др. области) и других стран для уничтожения золотарника рекомендованы: гербицид Магнум, ВДГ в норме 100 г/га, а также баковые смеси Магнум + Торнадо 500 (40 г/га + 1,5 л/га) и Лонтрел 300 + Торнадо 500 (0,7 л/га + 1,2 л/га) или Агностар + Торнадо 500 (15 г/га + 1,5 л/га). При обработке золотарника этими препаратами (и их смесями) в период с июня по август при высоте растений 50–100 см через 60 дней уничтожается 95–100 % инвазионной популяции.

На скошенном золотарнике при высоте побегов 30–50 см в период с июня по август эффективно использование Магнума в нормах от 70 до 100 г/га, а также баковых смесей Магнум + Торнадо 500 (40 г/га + 1,2 л/га), Лонтрел 300 + Торнадо 500 (0,7 л/га + 1,2 л/га), или Агностар + Торнадо 500 (15 г/га + 1,5 л/га).

В центральной части Беларуси (53,9 с.ш., 27,5667 в.д., 220–345 м над у.м., 550–680 мм осадков, вег. период 185–195 суток, зона морозостойкости 3 USDA, исследована смешанная популяция *Solidago canadensis* и *Solidago gigantea* в Центральном ботаническом саду Национальной академии наук Беларуси (г. Минск). Почва: дерново-подзолистая, суглинистая. Фитоценоотические условия: многолетняя заросль золотарника на скашиваемом газоне ландшафтной экспозиции. Опробовано действие 10 гербицидов и более 50 вариантов их смесей. На нескошенных и скошенных зарослях провели поиск препаратов, избирательно предотвращающих цветение и максимально ослабляющих семенное возобновление золотарника, а также подобрали биорациональные нормы их применения в посадках декоративных кустарников на ландшафтных экспозициях.

Положительные результаты получены в следующих вариантах опытов:

Опыт 1 – Агроксон, ВР, 0,8 л/га;

Опыт 2 – Агностар, ВДГ, 16 г/га;

Опыт 3 – Лонтрел, ВР, 0,8 л/га;

Опыт 4 – Прима, СЭ, 1,2 л/га;

Опыт 5 – Аккурат Экстра, ВДГ, 33 г/га;

- Опыт 6 – Торнадо 500, ВР, 2,5 л/га;
 Опыт 7 – Агностар, ВДГ, 10 г/га + Торнадо 500, ВР, 0,8 л/га;
 Опыт 8 – Агностар, ВДГ, 10 г/га + Лонтрел, ВР, 0,7 л/га;
 Опыт 9 – Базагран М, ВР, 0,5 л/га + Торнадо 500, ВР, 1,2 л/га;
 Опыт 10 – Магнум, ВДГ, 40 г/га;
 Опыт 11 – Магнум, ВДГ, 70 г/га;
 Опыт 12 – Магнум, ВДГ, 100 г/га.

Исходная численность золотарника перед обработкой делянок составляла 28-50 шт/м² с массой 260,5 г/м². При проведении количественно-вещного учета через 60 дней средняя численность растений в контроле составила 41,5 шт/м², а масса возросла до 432,0 г/м². На опытных делянках применение гербицидов привело к гибели золотарника (табл. 4).

Таблица 4 – Биологическая эффективность гербицидов при обработке зарослей золотарника в центральной части Беларуси, 2014 г.

Вариант опыта	Гибель растений золотарника после обработки, %		Эффективность гербицида, %
	все побеги	генеративные побеги	
Опыт 1	30	25	25
Опыт 2	30	90	20
Опыт 3	66	100	66
Опыт 4	50	90	40
Опыт 5	75	100	75
Опыт 6	90	100	90
Опыт 7	99	100	99
Опыт 8	99	100	99
Опыт 9	90	95	85
Опыт 10	95	99	94
Опыт 11	99	100	99
Опыт 12	100	100	100

Выявлено, что на зарослях золотарника наиболее эффективны гербициды Магнум (эффективность 94-100 %) и Аккурат Экстра (75 %), которые, а также применяемый для устранения сорняков на газонах гербицид Лонтрел 300, избирательно уничтожают генеративные побеги золотарника, предотвращая выход растений на фазу цветения и плодоношения. Такую особенность гербицида Лонтрел 300 удобно использовать при совмещенной обработке газонов и засоренных золотарником сопредельных территорий. Анализ результатов применения Магнума показал, что обработка зарослей нормой 40 г/га снизила численность растений на 79,5 %, массу – на 89,6 %, а эффективность препарата составила 94 %. В вариантах с применением Магнума в норме 70 и 100 г/га эффективность составила 99-100 %, а золотарник погибал полностью.

Искоренение зарослей на 95-99 % в опытах 7 и 8 обеспечили также смеси Агностар + Лонтрел 300 и Агностар + Торнадо 500. Биорациональное удаление золотарника внутри посадок кустарников и хвойных растений на ландшафтных экспозициях, где отсутствует возможность его скашивания, достигнута при использовании смеси Агностар, ВДГ, 10 г/га + Торнадо 500, ВР в сниженной норме 0,8 л/га, поскольку она не приводит к угнетению листы кустарников и приствольного газонного покрытия.

Таким образом, для искоренения зарослей золотарника в центральной части Беларуси и аналогичных по природно-климатическим условиям зонах Российской Федерации и других стран, наиболее эффективно применение гербицида Магнум, ВДГ в норме 70 г/га. Снижение риска семенного расселения золотарника на газонах может быть достигнуто обработкой гербицидом Лонтрел 300, а на экспозициях – баковой смесью Агностар + Торнадо 500.

В западной части Беларуси (53,6884 с.ш., 23,8258 в.д., 130-190 м над у.м., 520-640 (706) мм осадков, вег. период 189-200 суток, зона морозостойкости 4 USDA) исследована

смешанная заросль *Solidago canadensis* L. и *Solidago gigantea* Ait. в инвазионной популяции на залежи в северных окрестностях г. Гродно: микрорайон Зарица-3. В 2014 г. выполнен анализ влияния испытуемых гербицидов на флористическое разнообразие и динамику проективного покрытия напочвенного покрова, а также оценка биологической эффективности гербицидов на вегетирующих зарослях. В 2015 г. опыты проведены на золотарнике, отрастающем после скашивания.

Варианты опытов:

Контроль – без обработки гербицидами;

Опыт 1 – Магнум, ВДГ, 100 г/га;

Опыт 2 – Магнум, ВДГ, 70 г/га;

Опыт 3 – Магнум, ВДГ, 40 г/га;

Опыт 4 – Магнум, ВДГ, 20 г/га;

Опыт 5 – Магнум, ВДГ, 20 г/га + Торнадо 500, ВР, 1,2 л/га;

Опыт 6 – Магнум, ВДГ, 20 г/га + Торнадо 500, ВР, 1,5 л/га.

Данные об изменении ценотических характеристик и численности видов живого напочвенного покрова при обработке экспериментальных площадок представлены в табл. 5.

Таблица 5 – Изменение проективного покрытия золотарника и характеристик фитоценозов с его участием в западной части Беларуси при обработке гербицидами в опыте без кошения, 2014 г.

Структурный элемент фитоценоза	Варианты опыта / месяц / проективное покрытие на 10 м ² , %													
	1		2		3		4		5		6		К	
	июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август
<i>Solidago canadensis</i>	30	5	60	10	70	15	50	10	50	0	30	0	30	50
<i>Solidago gigantea</i>	50	0	25	0	15	0	30	0	20	0	50	0	35	55
Среднее проективное покрытие травостоя	21,5	8,0	24,3	10,3	27,8	12,2	24,4	15,4	26,9	0	27,4	0	26,6	37,5
Число видов высших сосудистых растений в травостое, наим. на 10 м ²	23	18	23	22	22	21	26	25	22	0	27	0	27	27

Всего на площади экспериментального полигона выявлено 30 видов высших сосудистых растений, из них в травостое на опытных участках до проведения обработок отмечали от 22 до 27 видов. По проективному покрытию, кроме зарослей золотарника *Solidago canadensis* и *Solidago gigantea* (65-85 %), на отдельных пробных площадках преобладали мятлик луговой *Poa pratensis* L. (38 %), тимopheевка луговая *Phleum pratense* L. (36 %), одуванчик лекарственный *Taraxacum officinale* L. (27 %), ежа сборная *Dactylis glomerata* L. (26 %), скабиоза желтая *Scabiosa ochroleuca* L. (11 %) короставник полевой *Scabiosa arvensis* L. (8 %) нивяник *Leucanthemum vulgare* Lam. (7 %), василек шероховатый *Centaurea scabiosa* L. (5 %), нередко встречались подмаренник настоящий *Galium verum* L. и короставник полевой *Knautia arvensis* L. Растительный покров объекта, исходя из парцеллярного характера размещения растений и видового состава, является схожим по структуре с некоторыми типами антропогенно-нарушенных остепененных лугов, луговых разнотравных степей и лесостепей, например Среднерусской возвышенности [12] и Северного Казахстана [13]. Поэтому представление о степени сохранения нативных видов

напочвенного покрова после обработок различными гербицидами, очень важно для выбора биорациональных препаратов, не препятствующих задернению освобожденных от золотарника участков, особенно в степных фитоценозах. В этой связи проведен анализ изменений видового состава напочвенного покрова после обработки различными препаратами.

Из приведенных в таблице 5 данных видно, что наибольшее влияние на видовой состав фитоценозов оказала обработка смесью гербицида Магнум в норме 20 г/га с Торнадо 500 в норме от 1,2 до 1,5 л/га в вариантах опытах № 5 и № 6. Присутствие гербицида Торнадо 500 в смесях привело не только к искоренению золотарника, но и к гибели всех растений напочвенного покрова. Использование же только гербицида Магнум в нормах от 20 до 100 г/га имеет более щадящее влияние на обилие нативных видов. Действительно, несмотря на то, что в опытах 1-4 произошло снижение проективного покрытия травостоя в 1,6-2,7 раза, его видовое разнообразие снизилось всего на 1-5 таксонов. Аналогичные данные о биорациональном действии гербицида Магнум приводятся в литературе [14].

В процессе обработок в опыте с предварительным скашиванием проведен учет изменения проективного покрытия видов золотарника (табл. 6).

Таблица 6 – Изменение проективного покрытия видов золотарника в опыте с предварительным скашиванием, 2015 г.

spp.	Вариант опыта / месяц / проективное покрытие на 10 м ² , %													
	1		2		3		4		5		6		К	
	июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август
<i>Solidago canadensis</i>	30	0	60	0	70	0	50	2	50	0	30	0	30	40
<i>Solidago gigantea</i>	50	0	25	0	15	0	30	2	20	0	50	0	35	45

Из приведенных данных следует, что после однократного скашивания на контрольном участке произошло восстановление проективного покрытия обоих видов золотарника с превышением исходных значений на 5-10 %. В серии опытов с применением гербицида Магнум наименее результативным оказался вариант опыта № 4 с нормой 20 г/га. В опытах 1-3 при норме Магнума от 40 до 100 г/га и в опытах 5-6 на смесях с Торнадо 500 произошла гибель и снижение проективного покрытия видов золотарника до полного выпадения. При этом эффективное уничтожение золотарника на 100 % и биорациональное влияние на аборигенные виды напочвенного покрова наблюдается при применении гербицида Магнум, ВДГ в норме 40 г/га. Снижение нормы расхода этого препарата по сравнению с установленной для центрального и северного региона, на наш взгляд, обусловлено более мягкими природно-климатическими условиями западной части Беларуси.

В этой связи норму гербицида Торнадо 500 в баковой смеси Магнум, ВДГ, 20 г/га + Торнадо 500, ВР для достижения биорационального эффекта рекомендуется снизить с 1,2-1,5 до 0,8 л/га, как это было установлено в процессе исследований в центральной части страны. Соответственно, для искоренения зарослей золотарника в западной и юго-западной части Беларуси и аналогичных по природно-климатическим условиям зонах Российской Федерации и других стран наиболее эффективно применение гербицида Магнум, ВДГ в норме 40 г/га и его баковой смеси с Торнадо 500 в нормах соответственно 20 г/га и 0,8 л/га.

На основании положительных результатов синхронно проведенных полевых и регистрационных опытов, гербицид Магнум, ВДГ в норме от 40 до 100 г/га был зарегистрирован в 2016 г. в Государственном реестре средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории республики Беларусь [15]. Он разрешен для применения в населенных пунктах, не оказывает угнетающего действия на злаки и перспективен в парках, скверах, на газонах и участках, подверженных эрозии. Препарат экономически выгоден и не запрещен международными актами также для использования в лесном хозяйстве.

Расширение опытов по оценке эффективности гербицида Магнум в различных природно-климатических зонах и административных районах Беларуси позволило установить регионально-адекватные нормы его применения для искоренения золотарника, что отражено на картосхеме климатического зонирования территории Беларуси (рис. 1). Аналогичные результаты получены на борщевике Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Mand.) [16], а опыт работ положительно воспринят коллегами в Ленинградской области РФ.

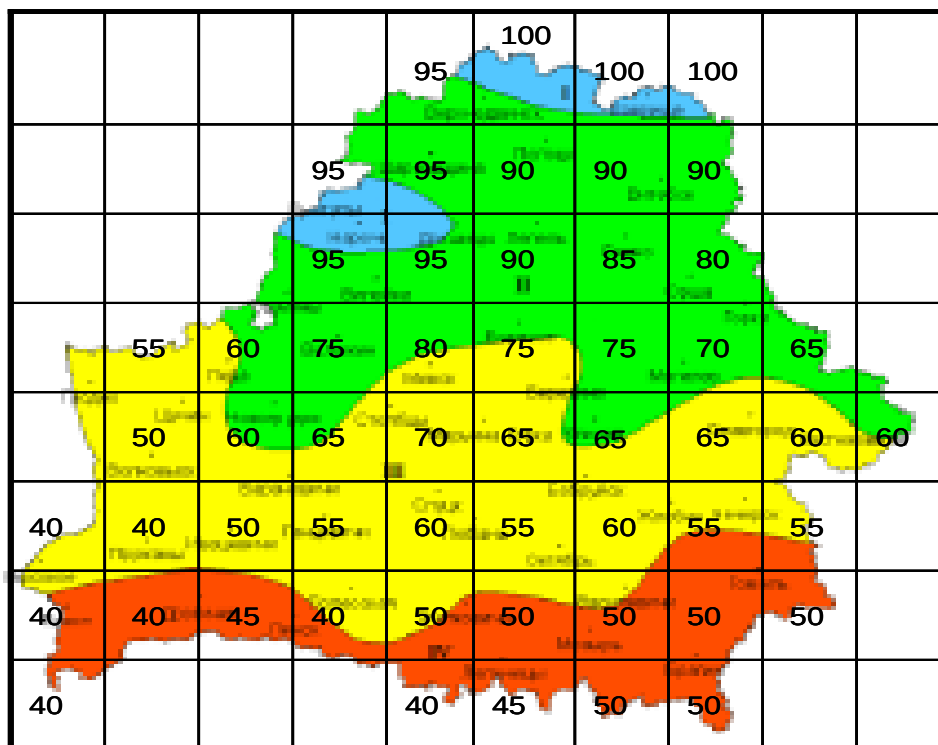


Рисунок 1 – Нормы применения гербицида Магнум, ВДГ для искоренения инвазионных видов золотарника на территории Беларуси, г/га

Установлено, что в регионах страны искоренение зарослей золотарника на 97-99 % достигается при различных нормах применения препарата. Так, для южной климатической зоны норма обработки составила 45-50 г/га. Для западной части Беларуси с достаточно мягкими природными условиями норма составила 40-45 г/га. В более континентальном климате восточной и юго-восточной части необходимо применять 55-65 г/га, а в центральных регионах – 70 г/га. В северной части норма применения Магнума должна быть 80-100 г/га. Оптимальный расход рабочего раствора 300-400 л/га. Использование приведенной на картосхеме (рис. 1) информации удобно как на стадии планирования, так и при непосредственном исполнении мероприятий по ограничению распространения и ликвидации инвазионных золотарников.

Для снижения экологического ущерба от медленно разлагающегося действующего вещества гербицида Магнум, разработан универсальный для всех регионов состав его биорациональной баковой смеси в норме от 20 до 40 г/га с быстро разлагающимся гербицидом Торнадо 500, ВР в норме от 0,5 до 1,0 л/га. Выбор расхода Магнума определяется плотностью засорения золотарниками, а Торнадо 500 – требованиями к сохранности злакового компонента обрабатываемых фитоценозов. Расход рабочего раствора 350 л/га. Смесь эффективна при ручной или/и механизированной обработке высокорослых зарослей.

Выводы

На основании серии полевых опытов по оценке биологической эффективности гербицидов различных химических классов, выявлены наиболее эффективные препараты для искоренения популяций и снижения риска распространения в Беларуси инвазионных видов золотарника *Solidago canadensis* L. и *Solidago gigantea* Aiton.

Установлено, что в условиях Беларуси наиболее перспективен гербицид Магнум, ВДГ на основе метсульфурон-метила в нормах применения от 40 г/га в южной и западной, до 70 г/га в центральной и 100 г/га в ее северной части. Общий тренд его использования: увеличение нормы расхода с юга на север республики. Обработка этим гербицидом (и биорациональной баковой смесью) обеспечивает сохранение нативной структуры напочвенного покрова и способствует быстрому задернению участков после удаления золотарника, а максимальная эффективность мероприятий с его применением достигается при экологически целесообразных регионально-адекватных нормах расхода, а также при комплексном подходе с кошением и обработкой растений с высотой побегов 30-50 см.

Полагаем, что полученный опыт борьбы с золотарником может быть использован в сходных по зонально-климатическим условиям регионах Российской Федерации.

Список литературы

1. Дубовик Д.В., Дмитриева С.А., Ламан Н.А., Лебедько В.Н., Левкович А.В., Масловский О.М., Парфенов В.И., Прохоров В.Н., Пугачевский А.В., Савчук С.С., Скуратович А.Н., Сысой И.П., Чумаков Л.С., Яковлева И.М., Гаранович И.М., Джус М.А., Романюк А.Л. Черная Книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения. Минск: Беларуская навука, 2020. 407 с.
2. Масловский О.М., Левкович А.В., Сысой И.П., Колесникова М.П., Родионов П.А., Чумаков Л.С., Шиманович Р.В., Григорьева К.С., Гиряев А.С. Государственный кадастр растительного мира Республики Беларусь. Основы кадастра. Первичное обследование 2002-2017 гг. Минск: Беларуская навука, 2019. 599 с.
3. Золотарники – нарастающая угроза. [Электронный ресурс]. URL: <https://kccc.ru/news/interesting-facts/zolotarniki-narastayushchaya-ugroza> (дата обращения: 20.12.2022).
4. Золотарник канадский и гигантский. [Электронный ресурс]. URL: <https://borshevictory.ru/zolotarnik-kanadskij> (дата обращения: 20.12.2022).
5. Канадский золотарник в Тульской области: проблемы и решения. [Электронный ресурс]. URL: <https://school-science.ru/12/18/48462> (дата обращения: 25.12.2022)
6. Гуджинскас З., Созинов О., Гульбинас З., Таура Л., Пилецкас М., Лабанаускас А. Инвазивные виды растений белорусско-литовского пограничья. Гродно: ЮрСаПринт, 2020. 80 с.
7. Созинов О.В., Сипач В.А. Фитоинвазии: остановить нельзя сдаваться // Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием. Москва, 2022. С. 368-374.
8. Сорока С.В., Лапковская Т.Н. Методические указания по проведению регистрационных испытаний гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь. Несвиж: Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного, 2007. 58 с.
9. Гусева А.Н., Егоров А.Б. Оценка биологической эффективности и экологической безопасности баковых смесей // Вестник ПГТУ. 2012. № 1. С. 18-22.
10. Лемеза Н.А., Джус М.А. Геоботаника. Минск: Вышэйшая школа, 2008. 255 с.
11. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
12. Степи Восточной Европы // Восточноевропейские луговые степи и остепененные луга. [Электронный ресурс]. URL: http://ukhtoma.ru/geobotany/steppe_04.htm (дата обращения: 13.10.2021).

13. Галактионова Е.В. Видовой состав флоры Северо-Казахстанской области // Исследования в области естественных наук. 2012. № 5. [Электронный ресурс]. URL: <https://sciences.nauka.ru/2012/05/364> (дата обращения: 13.10.2021).
14. Шкляревская О.А. Действие метсульфурон-метила на травянистые и древесно-кустарниковые растения // Земледелие и защита растений. 2018. № 6. С. 46-49.
15. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. Минск: Промкомплекс, 2020. 742 с.
16. Мотыль М.М., Романюк А.Л., Титок В.В. Инвазивные растения: проблемы и опыт искоренения в Беларуси // Наука и инновации. 2019. № 4(194). С. 76-79.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 08.02.2023

Принята к публикации 16.03.2023

REGIONAL FEATURES OF THE CONTROL OF GOLDENROD INVASION WITH PLANT PROTECTION PRODUCTS IN BELARUS

S. Bakei¹, *M. Motyl¹, O. Sozinov², Yu. Vysotsky³

¹National Academy of Sciences of Belarus, Republic of Belarus, Minsk

²Grodno State University Yanka Kupala, Republic of Belarus, Grodno

³Vitebsk State University named after P.M. Masherova, Republic of Belarus, Vitebsk

*e-mail: uchsec@tut.by

The results of studies on the establishment of effective standards for the use of selective herbicides for the eradication of invasive populations of goldenrod (*Solidago canadensis* and *Solidago gigantea*) are presented. It was found that in the conditions of Belarus, the most promising herbicide is Magnum, VDG based on metsulfuron-methyl in application rates from 40 g/ha in the southern and western parts, up to 70 g/ha in the central and 100 g/ha in its northern part of the country. The composition of its universal tank mixture with the glyphosate-containing herbicide Tornado 500 for the eradication of goldenrod in temperate regions is proposed.

Key words: biotope, herbicide, invasive plant, Magnum, AIPS, Solidago.

References

1. Dubovik D.V., Dmitrieva S.A., Laman N.A., Lebed'ko V.N., Levkovich A.V., Maslovskii O.M., Parfenov V.I., Prokhorov V.N., Pugachevskii A.V., Savchuk S.S., Skuratovich A.N., Sysoi I.P., Chumakov L.S., Yakovleva I.M., Garanovich I.M., Dzhus M.A., Romanyuk A.L. Chernaya Kniga flory Belarusi: chuzherodnye vreditelnye rasteniya. Minsk: Belaruskaya navuka, 2020. 407 s.
2. Maslovskii O.M., Levkovich A.V., Sysoi I.P., Kolesnikova M.P., Rodionov P.A., Chumakov L.S., Shimanovich R.V., Grigor'eva K.S., Giryaev A.S. Gosudarstvennyi kadastr rastitel'nogo mira Respubliki Belarus'. Osnovy kadastra. Pervichnoe obsledovanie 2002-2017 gg. Minsk: Belaruskaya navuka, 2019. 599 s.
3. Zolotarniki – narastayushchaya ugroza. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://kccc.ru/news/interesting-facts/zolotarniki-narastayushchaya-ugroza> (data obrashcheniya: 20.12.2022).
4. Zolotarnik kanadskii i gigantskii. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://borshevictory.ru/zolotarnik-kanadskij> (data obrashcheniya: 20.12.2022).

5. Kanadskii zolotarnik v Tul'skoi oblasti: problemy i resheniya. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://school-science.ru/12/18/48462> (data obrashcheniya: 25.12.2022)
6. Gudzhinskas Z., Sozinov O., Gul'binas Z., Taura L., Piletskas M., Labanauskas A. Invazivnye vidy rastenii belorussko-litovskogo pogranich'ya. Grodno: YurSaPrint, 2020. 80 s.
7. Sozinov O.V., Sipach V.A. Fitoinvazii: ostanovit' nel'zya sdavat'sya. Materialy Vserossiiskoi nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. Moskva, 2022. S. 368-374.
8. Soroka S.V., Lapkovskaya T.N. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu registratsionnykh ispytaniy gerbitsidov v posevakh sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v Respublike Belarus'. Nesvizh: Nesvizh. ukрупn. tip. im. S. Budnogo, 2007. 58 s.
9. Guseva A.N., Egorov A.B. Otsenka biologicheskoi effektivnosti i ekologicheskoi bezopasnosti bakovykh smesei. Vestnik PGТУ. 2012. N 1. S. 18-22.
10. Lemeza N.A., Dzhus M.A. Geobotanika. Minsk: Vysheishaya shkola, 2008. 255 s.
11. Lakin G.F. Biometriya. M.: Vysshaya shkola, 1990. 352 s.
12. Stepі Vostochnoi Evropy. Vostochnoevropеiskіe lugoverye stepі і ostepenennyye luga. [Elektronnyi resurs]. URL: http://ukhtoma.ru/geobotany/steppe_04.htm (data obrashcheniya: 13.10.2021).
13. Galaktionova E.V. Vidovoi sostav flory Severo-Kazakhstanskoi oblasti. Issledovaniya v oblasti estestvennykh nauk. 2012. N 5. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://sciences.nauka.ru/2012/05/364> (data obrashcheniya: 13.10.2021).
14. Shklyarevskaya O.A. Deistvie metsul'furon-metila na travyanistyе і drevesno-kustarnikovyye rasteniya. Zemledelіe і zashchita rastenii. 2018. N 6. S. 46-49.
15. Gosudarstvennyi reestr sredstv zashchity rastenii і udobrenii, razreshennykh k primeneniyu. na territorii Respubliki Belarus'. Minsk: Promkompleks, 2020. 742 s.
16. Motyl' M.M., Romanyuk A.L., Titok V.V. Invazivnye rasteniya: problemy і opyt iskoreneniya v Belarusi. Nauka і innovatsii. 2019. N 4(194). S. 76-79.

Сведения об авторах:

Станислав Казимирович Бакей

Магистр, научный сотрудник, Центральный ботанический сад НАН Беларуси

ORCID: 0000-0002-9704-9403

Stanislav Bakei

Master, Researcher, Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus

Михаил Михайлович Мотыль

К.б.н., ведущий научный сотрудник, Центральный ботанический сад НАН Беларуси

ORCID: 0000-0002-6126-0709

Mikhail Motyl

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus

Олег Викторович Созинов

Д.б.н., доцент, заведующий кафедрой ботаники, Гродненский государственный университет им. Янки Купалы

ORCID: 0000-0002-2502-0230

Oleg Sozinov

Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Botany, Yanka Kupala State University of Grodno

Юрий Иванович Высоцкий

Магистр, специалист центра по изучению биоразнообразия, Витебский государственный университет им. П.М. Машерова

ORCID: 0000-0003-4090-8403

Yury Vysotsky

Master, Specialist of the Center for the Study of Biodiversity, Vitebsk State University P.M. Masherova

Для цитирования: Бакей С.К., Мотыль М.М., Созинов О.В., Высоцкий Ю.И. Региональные особенности борьбы с инвазией видов золотарника средствами защиты растений в Беларуси // Вопросы степеведения. 2023. № 1. С. 53-64. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-1-53-64

ЭВОЛЮЦИЯ СВОЙСТВ ПОЧВ ПОСТАКВАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ БАРАБИНСКОЙ СТЕПИ (НА ПРИМЕРЕ ЮДИНСКОГО ПЛЕСА ОЗЕРА ЧАНЫ)

***Н.В. Елизаров¹, Н.И. Добротворская²**

¹Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Россия, Новосибирск

²Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Россия, Новосибирск

*e-mail: elizarov@issa-siberia.ru

В результате обсыхания Юдинского плеса озера Чаны на освобожденных от воды (постаквальных) территориях формируются биогеоценозы, которые используются как естественные сенокосы, пастбища и выгоны.

Цель исследования состояла в определении свойств почв постаквальных территорий Юдинского плеса, находящихся в различных геохимических позициях. Исследования проводились в юго-западной части бывшей акватории Юдинского плеса. Почвенные разрезы заложены в катенарной последовательности в направлении с юго-запада на северо-восток от вершины гривы вниз по рельефу от современной береговой линии.

Выявлены две основные закономерности почвообразования: снижение гидроморфизма и развитие процессов рассоления почв по мере отдаления береговой линии озера. Развитие дернового процесса на рассоляющихся территориях сопровождается изменением видового состава растительности, распространением злаковых видов среди гигро- и галофитов, что указывает на постепенное остепнение территории.

В настоящее время биогеоценозы, сформированные на остепняющихся постаквальных территориях, используются в качестве естественных сенокосов и пастбищ. Повышение продукционного потенциала агроландшафтов и эффективное использование сельскохозяйственных угодий возможно путем применения комплексных мелиораций, позволяющих сформировать устойчивые и высокопродуктивные агроландшафты в условиях близкого залегания минерализованных грунтовых вод и риске вторичного засоления почв.

Ключевые слова: Барабинская степь, Юдинский плес, эволюция почв, степной ландшафт, постаквальные территории, остепнение, аридизация.

Введение

Экономическая эффективность сельскохозяйственного производства, как никакой другой отрасли народного хозяйства, тесно связана с экологическим состоянием территории. Но по мере интенсификации сельскохозяйственного производства зависимость от природных условий снижается. В частности, научно обоснованные мелиоративные мероприятия на солонцовых и переувлажненных землях позволили в 80-е годы прошлого столетия существенно повысить продуктивность соответствующих типов агроландшафтов. Однако природные ресурсы становятся все менее доступными и требуют увеличения затрат труда и энергии на их извлечение, соотношение затраченной энергии к полученной в виде полезной продукции в среднем по сельскому хозяйству снижается.

Строительство дамбы в 1971 году, отделившей Юдинский плес озера Чаны от основной его акватории, существенным образом повлияло на экологическую обстановку не только самого озера, но и обширных окружающих его пространств. Уровень воды в Юдинском плесе к 1977 году составил 104,2 м, а его площадь сократилась на 41 % [1]. Материалы космосъемки показывают продолжающееся и до настоящего времени сокращение акватории Юдинского плеса и расширение площади песчаных пляжей и отмелей, на которых формируются молодые почвы и растительный покров. В настоящее

время большие площади сформировавшихся лугов используются в сельскохозяйственном производстве в качестве кормовой базы для животноводства.

Цель настоящего исследования состояла в выявлении изменений свойств почв Юдинского плеса при обсыхании.

Материалы и методы

Озеро Чаны расположено в центральной части Барабинской низменности ($54^{\circ}30'$ - $55^{\circ}09'$ с.ш. и $76^{\circ}48'$ - $78^{\circ}12'$ в.д.) в границах Новосибирской области (рис. 1а).

Исследования проводились в 2017-2021 гг. в юго-западной части озера Чаны, на территории бывшей акватории Юдинского плеса. В данной статье обсуждается маршрут, в котором почвенные разрезы заложены в катенарной последовательности в направлении с юго-запада на северо-восток от вершины гривы вниз по рельефу от современной береговой линии к центру плеса (рис. 1б).



Рисунок 1 – Местоположение озера Чаны (а), положение почвенных разрезов (б)

В мезорельефе выделены три позиции: элювиальная, трансаккумулятивная и аккумулятивная. Разрез № 40 сделан в элювиальной позиции ландшафта на луговато-черноземной супесчаной почве, разрез № 7 приурочен к трансаккумулятивной позиции с аллювиальной слоистой засоленной почвой, разрез № 21 расположен в аккумулятивной позиции с лугово-болотной засоленной почвой. На исследуемых площадках из разрезов отобраны почвенные образцы, сделано геоботаническое описание видового состава растительных ассоциаций. Методы исследования свойств почв включали в себя изучение гранулометрического состава почв методом Качинского Н.А., содержания и состава водорастворимых солей в водной вытяжке, содержания гумуса по Тюрину И.В., обменных катионов пламенно-фотометрическим методом [2].

Результаты и обсуждение

Естественная аридизация территории Юдинского плеса, усиленная отчленением его от основной акватории озера Чаны, быстрое отступление береговой линии обусловили освоение территории живыми организмами и проявление активного почвообразования на высвобождающихся площадях дна котловины. Одни авторы отмечают удивительно быстрое развитие растительных ассоциаций [3-5], другие, напротив, отмечают низкие скорости формирования биомассы микроорганизмов и низкий уровень ее функциональной организации [6, 7]. Несколько противоречивые выводы исследователей связаны с большим пространственно-временным разнообразием ландшафтных условий в пределах котловины: микро- и мезорельефом бывшего дна, наличием древних невысоких грив и отмелей, высокой засоленностью подстилающей толщи, близостью сильно минерализованных грунтовых вод к поверхности в сочетании с контрастными климатическими явлениями, ветровым переносом

солей [8, 9]. Вместе с тем, на фоне многочисленных частных явлений хорошо просматриваются две основные закономерности почвообразования: снижение гидроморфизма и развитие процессов рассоления почв по мере отдаления береговой линии озера. Развитие дернового процесса на рассоляющихся территориях сопровождается изменением видового состава растительности, постепенным распространением злаковых видов среди гигро- и галофитов. В настоящее время большие площади бывшей акватории Юдинского плеса используются как сенокосные угодья с перспективой повышения качества сена в результате естественных процессов остепнения территории.

Эталоном сравнения служат зональные экосистемы повышенных водораздельных пространств и грив, одна из которых охарактеризована разрезом № 40. Растительный покров здесь сформирован луговой злаково-разнотравной растительностью, среди видов растений, однако, присутствуют и степные, идентифицирующие периодически складывающийся степной режим увлажнения. Растительность в данной точке обильная, древесный ярус разреженный, представлен березой. Кустарники шиповника, жимолости татарской, крушины ломкой.

Разрез 40. Лугово-черноземная обыкновенная.

54.745889° с.ш., 76.760694° в.д. Высота над у.м. 120 м. Суходольный луг на вершине гривы (подмаренник, полынь эстрагонная, синеголовник плоский, мятлик луговой, чабрец, подорожник, ковыль).

Ад 0-3 Супесчаный с заметным присутствием песчаной фракции, влажноватый, темно-серый, структура непрочная зернисто-комковатая, рыхлый, большое количество корней растений.

А₁ 3-35 Супесчаный, увлажненный, темно-серый, структура пылеватая, агрегируется корнями растений в непрочные глыбы диаметром 2-5 см, переход к следующему горизонту ясный по увлажнению.

АВ 35-49 Легкосуглинистый, свежий, бурый с темными затеками гумуса, структура непрочно-плитчатая, плотный, в средней части горизонта вкрапления карбонатов, переход постепенный по цвету.

Вса 49-93 Легкосуглинистый, свежий, бурый, более светлый со слабо заметными гумусированными пятнами, структура непрочно плитчатая или сланцеватая, плотный, пятна карбонатов.

Сса 93-115 Легкосуглинистый, увлажнен, светло-бурый, уплотнен, непрочно-глыбистый, слабое оглеение, пятна карбонатов.

Почва характеризуется хорошо дифференцированным профилем, развитой аккумуляцией гумуса. Верхняя толща мощностью 30 см имеет супесчаный гранулометрический состав, постепенно переходящий в легкосуглинистый. Весь профиль характеризуется большим количеством мелкого песка (табл. 1), что свидетельствует о протекании не только водных, также и эоловых почвообразовательных процессов, отмеченных еще в исследованиях по геологическим данным [10].

Таблица 1 – Гранулометрический состав почв прибрежной области Юдинского плеса

Горизонт	Глубина, см	Количество частиц (%) диаметром, мм						
		>0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Разрез 40. Лугово-черноземная обыкновенная (<i>Gleyic chernozems</i>)								
Ад	0-3	5,6	63,1	16,5	4,1	6,2	4,5	14,8
А ₁	3-35	6,0	79,6	14,4	3,7	5,0	5,4	14,1
АВ	35-49	3,2	53,4	7,3	1,2	9,4	15,5	26,1
В _{СА}	49-93	1,8	64,3	4,5	6,9	4,9	17,6	29,4
С _{СА}	93-115	8,1	59,3	5,7	2,4	6,5	18,0	26,9

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Разрез 7. Аллювиальная слоистая слабообразованная солончаковая (<i>Fluvisols</i>)								
Ад	0-6	5,8	9,9	8,8	9,4	23,7	42,4	75,5
A _{1q} (I)	6-20	4,5	25,6	18,2	5,0	17,2	24,5	51,7
A _{1q} (II)	20-28	6,4	27,9	18,0	6,1	18,6	23,0	47,7
A _{1q} (III)	28-46	16,6	71,0	3,0	1,0	2,6	5,8	9,4
Q	46-75	7,1	8,9	16,5	8,6	21,6	37,3	67,5
Разрез 21. Лугово-болотная солончаковая (<i>Endosalic Gleysols</i>)								
Ад	0-7	9,2	7,6	11,0	11,8	21,8	37,6	72,2
A _{1g}	7-33	0,6	2,2	9,1	9,1	28,0	51,0	88,1
B _g	33-60	0,4	10,5	19,4	3,5	22,8	39,8	66,1
G	60-75	2,0	21,3	25,6	8,9	20,1	22,1	51,1

Непрочная-плитчатая структура агрегатов с горизонтальными плоскостями спайности в нижней части гумусового горизонта говорит о вероятности осолодения, хотя и в слабой степени проявления. Профиль данной почвы опреснен, реакция среды в гумусово-аккумулятивном горизонте нейтральная, а в карбонатных горизонтах щелочная. Обменные катионы представлены в основном кальцием (таблицы 2 и 3).

Грива довольно резким уступом переходит к полого-наклонной поверхности высохшего дна Юдинского плеса. Открывается обширное пространство, лишенное какой-либо древесной или кустарниковой растительности. Степень покрытия травянистой растительностью около 60 %.

Таблица 2 – Содержание водорастворимых солей в исследуемых почвах

Горизонт	Глубина, см	pH	Плотный остаток, %	Концентрация ионов, мг-экв/100 г почвы						Сумма анионов	Сумма катионов
				HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Разрез 40. Лугово-черноземная обыкновенная (<i>Gleyic chernozems</i>)											
Ад	0-3	6,8	0,04	0,11	0,12	0,40	0,25	0,30	0,51	0,63	0,61
A ₁	3-35	7,1	0,06	0,20	0,11	0,20	0,25	0,50	0,06	0,51	0,82
AB	35-49	7,3	0,02	0,09	0,17	0,40	0,05	0,55	0,08	0,66	0,68
B _{CA}	49-93	8,9	0,02	0,45	0,10	0,08	0,35	0,30	0,12	0,63	0,78
C _{CA}	93-115	9,0	0,05	0,71	0,06	0,16	0,40	0,35	0,04	0,93	0,79
Разрез 7. Аллювиальная слоистая слабообразованная солончаковая (<i>Fluvisols</i>)											
Ад	0-6	9,0	0,42	0,98	4,72	3,12	0,55	0,45	6,16	8,82	7,38
A _{1q} (I)	6-20	9,0	1,46	0,62	16,27	6,72	0,55	3,80	13,20	23,61	17,81
A _{1q} (II)	20-28	9,2	2,37	0,42	24,77	10,72	1,85	8,70	18,70	35,91	33,23
A _{1q} (III)	28-46	9,1	1,13	0,23	11,27	4,96	1,15	4,15	7,48	16,46	12,84
Q	46-75	9,1	1,95	0,35	21,22	9,36	1,10	7,15	16,94	30,93	25,31
ГВ	60	7,4	61,87	28,00	868,0	-	20,0	560,0	1620,0		
Разрез 21. Лугово-болотная солончаковая (<i>Endosalic Gleysols</i>)											
Ад	0-7	8,8	0,36	0,84	3,07	2,08	0,50	3,40	1,98	5,99	6,16
A _{1g}	7-33	9,0	1,30	0,64	12,57	8,08	0,00	3,90	11,44	21,29	16,50
B _g	33-60	8,8	2,78	0,33	24,37	18,40	4,90	12,20	23,32	43,10	40,76
G	60-75	8,9	3,34	0,27	29,42	20,08	5,50	13,90	25,08	49,76	41,74
ГВ	60	6,9	62,34	2,00	592,0	-	40	630,0	1210,0		

Примечание: * ГВ – грунтовые воды

Таблица 3 – Содержание гумуса и обменных катионов в исследуемых почвах
Юдинского плеса

Горизонт	Глубина, см	Гумус,%	Обменные катионы, мг-экв/100 г почвы			Емкость катионного обмена, мг-экв/100 г почвы
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	
Разрез 40. Лугово-черноземная обыкновенная (<i>Gleyic chernozems</i>)						
Ад	0-3	5,68	16,15	3,60	0,16	-
A _I	3-35	4,47	14,10	3,90	0,07	-
AB	35-49	1,13	12,35	3,65	0,11	-
B _{CA}	49-93	0,47	-	-	0,17	9,53
C _{CA}	93-115	0,24	-	-	0,22	10,08
Разрез 7. Аллювиальная слоистая слабообразованная солончаковая (<i>Fluvisols</i>)						
A _д	0-6	4,64	-	-	5,92	44,00
A _{1q} (I)	6-28	1,82	-	-	18,30	38,00
A _{1q} (II)	20-28	1,61	-	-	17,40	42,00
A _{1q} (III)	28-46	0,60	-	-	7,13	46,00
Q	46-75	0,37	-	-	16,10	32,00
Разрез 21. Лугово-болотная солончаковая (<i>Endosalic Gleysols</i>)						
Ад	0-7	5,85	-	-	4,35	35,64
A _{1g}	7-33	2,75	-	-	9,14	29,70
Bg	33-60	2,75	-	-	18,27	27,72
G	60-75	2,54	-	-	23,05	53,46

Примечание: * - - не определено

Разрез 7. Лугово-болотная солончаковая.

54,7654720 с.ш., 76,7922500 в.д. Дно бывшей акватории Юдинского плеса, равнина с небольшим уклоном. Злаково-полынный луг (горькуша горькая, кермек Гмелина, полынь, бескильница, подорожник приморский, сведа рожконосная, лебеда узколистная, солерос). Вскипание от HCl по всему профилю с поверхности.

Ад (0-6 см) Дернина, опесчаненный, сырой, темно-коричнево-серый, насыщен корнями растений, вскипание от HCl с поверхности.

A_{1q} (I) (6-20 см) Глинистый, сырой, грязно-серый, гумусированность неоднородная, структура творожистая, липкий, вязкий, присутствуют горизонтально ориентированные охристые прослойки оксидов железа, корни растений, переход к следующему горизонту ясный по цвету и увлажнению.

A_{1q} (II) (20-28 см) Тяжелосуглинистый, более сырой, гумусированность горизонта выражена слабее, чем предыдущего горизонта, охристые пятна, переход ясный по грансоставу.

A_{1q} (III) (28-46 см) Песчаный, мокрый, темно-грязно-серый с горизонтальными прослойками черного цвета (погребенный гумусовый), не вязкий.

Q (46-75 см) Гидрометаморфический горизонт, глина, мокрая, сизо-бурая, охристая, вязкая, мягкая, бесструктурная, насыщена водой.

Смена гранулометрического состава от глинистого до песчаного в профиле почвы и наличие погребенных гумусовых горизонтов свидетельствует о периодической смене водного режима в прошлом и сочетании различных процессов осадконакопления: от озерно-аллювиальных до эоловых. Почвенная толща очень сильно засолена. Основным фактор засоления – близость грунтовых вод, которые обнаруживаются на глубине 60 см. По степени и химизму минерализации они относятся к рассолам обыкновенным сульфатно-хлоридным, определяя тем самым степень и химизм засоления почвенного профиля. Имеет место внутрипрофильная дифференциация соленакопления, характеризующаяся аккумуляцией в глинистых горизонтах в средней части профиля, при этом в песчаном прослое на глубине 28-46 см солей существенно меньше (более чем в 2 раза). Реакция среды щелочная по всему профилю, среди обменных катионов на обменный натрий приходится от 40 до 50 % емкости поглощения и только в верхнем горизонте и песчаном прослое – 13,5-15,5 %.

Разрез 21. Лугово-болотная (озерно-болотная) солончаковая почва.

54.7811330 с.ш., 76.8395280 в.д. Растительность галофитная (горькуша, тимофеевка, осот, тростник, лебеда узколистная). Вскипание от HCl с поверхности. Грунтовые воды на глубине 60 см.

Ад (0-7 см) Дернина, влажный, коричнево-серая, плотная

A₁g (7-33 см) Глинистый, сырой, серо-сизый, творожистый, уплотнен, мажущийся, переход ясный по цвету.

B_g (33-60 см) Глинистый, мокрый, грязно-буро-серый, с охристыми пятнами, мелкоореховатые водопрочные агрегаты.

G (60-75 см) Тяжелосуглинистый, вода сочится по всему горизонту, синевато-сизый, мелкоореховатые водопрочные агрегаты.

Данный почвенный профиль отличается от предыдущего отсутствием слоистости в гранулометрическом составе и существенно большим проявлением гидроморфизма. Почвенный профиль образован средней и тяжелой глиной, книзу грансостав облегчается до легкой глины за счет увеличения фракций мелкого песка и крупной пыли и снижения содержания илестых частиц.

Высокая гумусированность горизонта A₁g (7-33 см) (табл. 3) сильно завуалирована процессом оглеения, который придает всему профилю сизо-стальной оттенок. Гумус равномерно распределен по глубине в глинистой толще, что свидетельствует о преобладании его подвижных форм. Реакция среды среднещелочная. Максимум легкорастворимых солей приурочен к нижней части вскрытого профиля, что также может быть признаком влияния нисходящих миграционных потоков в периоды обводнения территории. Химизм засоления сульфатно-хлоридный. Среди катионов преобладает Na⁺, содержание его в емкости катионного обмена варьирует от 30,7 до 65,9 % в разных горизонтах за исключением Ад, где его доля составляет 12,2 %.

Вследствие неустойчивости водного режима среди болотной растительности присутствуют луговые виды.

Геохимическая миграция воды и вещества в пределах Барабинской низменности ориентирована на юго-запад в сторону общего понижения территории. Причановская депрессия и соседствующая с ней на юго-западе Сума-Чебаклинская впадина представляют собой конечный пункт миграционного потока, почвообразование и формирование растительного покрова здесь происходит в условиях относительного увеличения степени гидроморфизма и аккумуляции легкорастворимых солей [11, 12]. Аккумулятивные процессы в лесостепи Барабинской низменности описаны также применительно к многим другим элементам – водным мигрантам [13]. Накопление солей в почвах Барабы обусловило богатый элементный состав луговой растительности и высокое качество производимых на лугах кормов, что является существенной отличительной чертой лугов Барабинской низменности по сравнению с аналогичными ландшафтами других территорий.

В пределах местного ландшафта от наиболее высоких элементов рельефа к наиболее низким наблюдаются те же закономерности. Распределение солевых аккумуляций в почвах исследуемой последовательности характеризуется увеличением содержания солей от периферии озера к центру. Если рассматривать общую тенденцию в изменении солевого состава в почвах данного ряда, то от гривы к условно центральной точке в обсохшей части котловины можно отметить резкое увеличение содержания ионов Cl⁻ и SO₄²⁻. Соотношение Cl⁻ / SO₄²⁻ в разрезе P7 варьирует в пределах 2,27-2,42, в разрезе P21 в диапазоне 1,32-1,56. Химизм засоления обеих почв сульфатно-хлоридный, в разрезе P7 близкий к хлоридному. При этом интересно распределение гидрокарбонат-иона: в разрезе P7 его средневзвешенное содержание в слое 0-75 см составляет 6,35 мг-экв/100 г почвы, в разрезе P21 - 8,81 мг-экв/100 г почвы. По составу солей конечным пунктом их миграции является не P21, как ожидалось по большей отдаленности от берега, а P7, который находится по маршруту катены между гривой и P21. Возможно, такое распределение ионов связано с тем, что просачивание воды

вглубь профиля, внутрипочвенное горизонтальное распространение влаги к периферии понижений и последующее ее испарение создает эффект «фитиля», по которому ионы Cl^- как наиболее подвижные поднимаются вверх, создавая солончаковое окаймление [14]. Таким образом, в данном ландшафте создается своеобразная геохимическая обстановка, при которой могут возникать позиции, выполняющие роль конечных локальных пунктов аккумуляции наиболее подвижных солей. При этом в позиции P21 относительное накопление гидрокарбонатов натрия создает условия для начала солонцеобразования, чем объясняется появление мелкоореховатой водопрочной структуры в горизонте Bg.

Многообразие геохимических обстановок на обширной территории обсохших пространств Юдинского плеса обуславливает формирование различных растительных ассоциаций. Причем их видовой состав может существенно изменяться во времени в соответствии с динамикой процессов обводнения-иссушения. В целом травостой на сильно засоленных почвах изрежен, несмотря на периодическое появление в нем большого количества видов луговой и даже степной растительности он представлен в основном галофитами и гигрофитами.

В результате систематического использования территорий естественные ландшафты переходят в категорию агроландшафта, приобретая специфические черты. Изученные территории используются как выгоны и сенокосы, потенциал продуктивности которых невысок – 6-11 ц сена/га. Причем велико участие совершенно непоедаемого скотом солончакового разнотравья: кермек Гмелина, подорожник Корнута, горькуша, доля которых составляет 25-40 %.

Улучшение луговых угодий на сильнозасоленных землях связано с мероприятиями по рассолению корнеобитаемого слоя. В этом случае направление антропогенного воздействия будет соответствовать протекающим здесь естественным процессам, усиливая их и сокращая сроки перехода в солонцово-луговую стадию. Это, прежде всего, снегозадержание и весенняя влагозарядка, посев солеустойчивых трав, дающих большую биомассу. Перегрузка их выпасом только усиливает засоление и может привести к полной потере производительности.

Выводы

1. Изучение морфологического строения почвенных профилей в катенарной последовательности, состава легкорастворимых солей, химических свойств почв показало закономерное снижение гидроморфизма и засоленности почв по мере обсыхания территории Юдинского плеса.

2. Смена гранулометрического состава в профиле почвы от глинистого до песчаного, наличие погребенных гумусовых горизонтов, внутрипрофильная дифференциация соленакопления свидетельствуют о периодической смене водного режима в прошлом. В настоящее время естественный лугово-солончаковый ландшафт переходит в категорию агроландшафта с невысокой естественной продуктивностью.

3. Повышение эколого-ресурсного потенциала агроландшафтов в пределах бывшей акватории Юдинского плеса возможно путем агротехнических мелиоративных приемов. Дифференцированный подход к мелиорации территорий, высвобождающихся от воды при обсыхании Юдинского плеса, даст возможность более рационально использовать ресурсы всего бассейна этого водоема.

Благодарности

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН и при поддержке гранта РФФИ № 21-55-75002.

Список литературы

1. Смирнова Н.П. Краткая физико-географическая характеристика оз. Чаны // Пульсирующее озеро Чаны. Л.: «Наука». 1982. С. 5-14.
2. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 687 с.
3. Базилевич Н.И., Ковалев Р.В. Особенности почвенного покрова // Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы. Т. 1. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974. С. 21-23.
4. Мирошниченко Н.В. Влияние изменения общей увлажненности территории на процесс почвообразования в Чановской депрессии // Пульсирующее озеро Чаны. Л.: Наука, 1982. С. 169-185.
5. Киприянова Л.М. Современное состояние водной и прибрежно-водной растительности Чановской системы озер // Сибирский экологический журнал. 2005. № 2. С. 201-213.
6. Якутин М.В., Анопченко Л.Ю., Андриевский В.С. Влияние засоления на биомассу микроорганизмов в разновозрастных почвах в лесостепной зоне Западной Сибири // Почвоведение. 2016. № 12. С. 1500-1505.
7. Якутин М.В., Анопченко Л.Ю. Картографический метод в изучении динамики обсыхания Юдинского плеса озера Чаны // Известия ВУЗ. Геодезия и аэрофотосъемка. 2015. № 6. С. 62-65.
8. Васильев О.Ф., Казанцев В.А., Попов П.А., Кириллов В.В. Общая природная характеристика и экологические проблемы Чановской и Кулундинской озерных систем и их бассейнов // Сибирский экологический журнал. 2005. № 2. С. 167-173.
9. Савкин В.М., Кондакова О.В., Двуреченская С.Я., Марусин К.В. Водно-экологическое состояние озера Чаны (ретроспектива и современность) // Озера Евразии: проблемы и пути их решения: Материалы II Междунар. конф. Казань, 2019. С. 162-166.
10. Бейзель А.Л., Соболев Е.С., Ян П.А. Новые данные по проблеме происхождения гривного рельефа юга Западной Сибири // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Т. 2. № 1. С. 3-9.
11. Казанцев В.А., Магаева Л.А., Устинов М.Т., Якутин М.В. Формирование и эволюция почв обсыхающих территорий соленых озер (на примере озера Чаны) // Сибирский экологический журнал. 2005. № 2. С. 321-339.
12. Семендяева Н.В., Елизаров Н.В. Солевой состав грунтовых вод и длительно мелиорированных солонцов Барабы // Почвоведение. 2017. № 10. С. 1220-1228.
13. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 277 с.
14. Устинов М.Т., Магаева Л.А., Глистин М.В. Мелиоративно-генетические особенности озерно-пойменного почвообразования (на примере Юдинского плеса озера Чаны) // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 4. С. 27-31.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 15.07.2022

Принята к публикации 16.03.2023

EVOLUTION OF SOIL PROPERTIES IN THE POSTAQUEOUS TERRITORIES OF THE BARABA STEPPE (ON THE EXAMPLE OF THE YUDINSKY REACH OF LAKE CHANY)

*N. Elizarov¹, N. Dobrotvorskaya²

¹Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Russia, Novosibirsk

²Siberian State University of Geosystems and Technologies, Russia, Novosibirsk

*e-mail: elizarov@issa-siberia.ru

As a result of the drying of the Yudinsky reach of Lake Chany, biogeocenoses are formed in the territories freed from water (post-watering), which are used as natural hayfields, pastures and grazings.

The purpose of the study was to determine the properties of the soils of the post-basement areas of the Yudinsky reach located in various geochemical positions. The research was carried out in the south-western part of the former water area of the Yudinsky reach. The soil sections are laid down in a catenary sequence in the direction from the southwest to the northeast from the top of the crest down the relief from the modern coastline.

Two main patterns of soil formation have been identified: a decrease in hydromorphism, and the development of soil desalinization processes as the lake coastline moves away. The development of the soddy process in the salinized territories is accompanied by a change in the species composition of vegetation, the spread of cereal species among hygro- and halophytes, which indicates a gradual steppeization of the territory.

Currently, biogeocenoses formed in the steppe post-water areas are used as natural hayfields and pastures. Increasing the productive potential of agrolandscapes and efficient using the agricultural land is possible by complex reclamation, which can form stable and highly productive agrolandscapes in conditions of close occurrence of mineralized groundwater and the risk of secondary soil salinization.

Key words: Baraba steppe, Yudinsky reach, soil evolution, steppe landscape, postaqueous territories, steppe formation, aridization.

References

1. Smirnova N.P. Kratkaya fiziko-geograficheskaya kharakteristika oz. Chany. Pul'siruyushchee ozero Chany. L.: "Nauka". 1982. S. 5-14.
2. Praktikum po agrokhimii. Pod red. V.G. Mineeva. M.: Izd-vo MGU, 2001. 687 s.
3. Bazilevich N.I., Kovalev R.V. Osobennosti pochvennogo pokrova. Struktura, funktsionirovanie i evolyutsiya sistemy biogeotsenozov Baraby. T. 1. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1974. S. 21-23.
4. Miroshnichenko N.V. Vliyanie izmeneniya obshchei uvlazhnennosti territorii na protsess pochvoobrazovaniya v Chanovskoi depressii. Pul'siruyushchee ozero Chany. L.: Nauka, 1982. S. 169-185.
5. Kipriyanova L.M. Sovremennoe sostoyanie vodnoi i pribrezhno-vodnoi rastitel'nosti Chanovskoi sistemy ozer. Sibirskii ekologicheskii zhurnal. 2005. N 2. S. 201-213.
6. Yakutin M.V., Anopchenko L.Yu., Andrievskii V.S. Vliyanie zasoleniya na biomassu mikroorganizmov v raznovozrastnykh pochvakh v lesostepnoi zone Zapadnoi Sibiri. Pochvovedenie. 2016. N 12. S. 1500-1505.
7. Yakutin M.V., Anopchenko L.Yu. Kartograficheskii metod v izuchenii dinamiki obsykhaniya Yudinskogo plesa ozera Chany. Izvestiya VUZ. Geodeziya i aerofotos"emka. 2015. N 6. S. 62-65.
8. Vasil'ev O.F., Kazantsev V.A., Popov P.A., Kirillov V.V. Obshchaya prirodnaya kharakteristika i ekologicheskie problemy Chanovskoi i Kulundinskoi ozernykh sistem i ikh basseinov. Sibirskii ekologicheskii zhurnal. 2005. N 2. S. 167-173.

9. Savkin V.M., Kondakova O.V., Dvurechenskaya S.Ya., Marusin K.V. Vodno-ekologicheskoe sostoyanie ozera Chany (retrospektiva i sovremennost'). Oзера Evrazii: problemy i puti ikh resheniya: Materialy II Mezhdunar. konf. Kazan', 2019. S. 162-166.
10. Beizel' A.L., Sobolev E.S., Yan P.A. Novye dannye po probleme proiskhozhdeniya grivnogo rel'efa yuga Zapadnoi Sibiri. Interkespo Geo-Sibir'. 2019. T. 2. N 1. S. 3-9.
11. Kazantsev V.A., Magaeva L.A., Ustinov M.T., Yakutin M.V. Formirovanie i evolyutsiya pochv obsykhayushchikh territorii solenikh ozer (na primere ozera Chany). Sibirskii ekologicheskii zhurnal. 2005. N 2. S. 321-339.
12. Semendyaeva N.V., Elizarov N.V. Solevoi sostav gruntovykh vod i dlitel'no meliorirovannykh solontsov Baraby. Pochvovedenie. 2017. N 10. S. 1220-1228.
13. Syso A.I. Zakonomernosti raspredeleniya khimicheskikh elementov v pochvoobrazuyushchikh porodakh i pochvakh Zapadnoi Sibiri. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2007. 277 s.
14. Ustinov M.T., Magaeva L.A., Glistin M.V. Meliorativno-geneticheskie osobennosti ozerno-poimennogo pochvoobrazovaniya (na primere Yudinskogo plesa ozera Chany). Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo. 2017. N 4. S. 27-31.

Сведения об авторах:

Николай Владимирович Елизаров

К.б.н., старший научный сотрудник лаборатории географии и генезиса почв, Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

ORCID 0000-0002-9647-3317

Nikolay Elizarov

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Soil Geography and Genesis, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Надежда Ивановна Добротворская

Д.с-х.н., старший научный сотрудник, профессор кафедры кадастра и территориального планирования, Сибирский государственный университет геосистем и технологий

ORCID 0000-0002-2882-5712

Nadezhda Dobrotvorskaya

Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Professor of the Department of Cadastre and Spatial Planning, Siberian State University of Geosystems and Technologies

Для цитирования: Елизаров Н.В., Добротворская Н.И. Эволюция свойств почв постакальных территорий Барабинской степи (на примере Юдинского плеса озера Чаны) // Вопросы степеведения. 2023. № 1. С. 65-74. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-1-65-74

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПРЯМОГО ПОСЕВА НА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ОДНОЛЕТНИХ ТРАВ НА ЗЕЛЕНый КОРМ

В.М. Гармашов, *В.Н. Говоров, М.П. Крячкова

ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева», Россия, Каменная Степь

*e-mail: trinvictr@mail.ru

В статье представлены результаты изменения плотности сложения и водного режима чернозема обыкновенного в зависимости от обработки почвы при возделывании однолетних трав. Показано, что приемы основной обработки почвы существенно не влияли на изменение плотности сложения, но повышали эффективность использования влаги на производство одной тонны зеленой массы горохо-овсяной смеси. При возделывании культур однолетних трав без применения основной обработки (прямой посев) водопотребление было значительно выше, а урожайность резко снижалась.

Ключевые слова: обработка почвы, прямой посев, почвенная влага, плотность почвы, водопотребление, урожайность.

Введение

В настоящее время с развитием животноводческих комплексов все возрастающая роль в хозяйствах отводится кормовой базе. Поэтому в зонах рискованного земледелия возделывание культурных бобово-злаковых травосмесей имеет первостепенное значение. В засушливых условиях лесостепи юго-востока ЦЧЗ (Центрально-Черноземной зоны) основным фактором, влияющим на формирование урожайности кормовых травосмесей, является количество потребляемой культурой влаги в течение ее вегетации. Регулирование и создание условий для более рационального и эффективного водопотребления возможно, при применении различных приемов и способов обработки с оптимальной и минимальной степенью воздействия на почвенный слой или используя прямой посев, изменяя и стабилизируя агрофизическую составляющую чернозема обыкновенного.

Как известно, основная роль в регулировании физических свойств почвы и ее водного режима отводится механической обработке [1]. Минимизация или отказ от обработки черноземов, то есть использование технологий сберегающего земледелия, приводит к некоторому увеличению плотности [2-4]. Эти же авторы отмечают, что в черноземах обыкновенных и южных плотность верхнего слоя чаще всего находится в оптимальном диапазоне вне зависимости от вариантов обработки почвы или прямого посева.

Для нормального роста и развития растений требуется определенная плотность почвы, которая для большинства культур составляет 1,10-1,30 г/см³ [5]. Для зернобобовых культур оптимальная величина плотности сложения пахотного слоя почвы составляет 1,0-1,2 г/см³, что создает оптимальные условия для образования и работы азотфиксирующих бактерий на корнях [6]. Отклонение от этой величины при возделывании однолетних трав на зеленый корм может являться одной из причин снижения урожайности.

Поэтому **целью наших исследований** было изучение влияния различных способов обработки на агрофизические показатели чернозема обыкновенного, водопотребление и урожайность зеленой массы горохо-овсяной смеси.

Материалы и методы

Наблюдения по возделыванию однолетних трав на зеленую массу в зернопропашном севообороте при применении различных способов обработки почвы и прямого посева культуры проводили в течение трех лет исследований, с 2018 по 2020 гг., в стационарном опыте отдела адаптивно-ландшафтного земледелия ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева» в условиях юго-востока ЦЧЗ. Объектом исследований был чернозем обыкновенный среднесуглинистый со следующей агрохимической характеристикой пахотного слоя: содержание гумуса – 6,2-6,7 %; общего азота – 0,4 %; общего фосфора – 0,21 %; общего калия – 1,85 %; рН солевой вытяжки – 6,9; степень насыщенности основаниями – 96,2 %.

Схема опыта представлена следующими вариантами обработки почвы под горохо-овсяную смесь: 1) – классическая отвальная обработка почвы в севообороте, вспашка на 20-22 см (контроль); 2) – глубокая отвальная обработка почвы, вспашка на 25-27 см; 3) – мелкая отвальная обработка вспашка на 14-16 см; 4) – безотвальная обработка – чизелевание на 14-16 см; 5) – поверхностная обработка почвы, КПЭ-3,8 на глубину 6-8 см; 6) – нулевая обработка почвы (прямой посев без обработки почвы). Также исследованы показатели плотности и водопотребления на залежи косимой (целина).

Влажность почвы определяли весовым методом, запасы продуктивной влаги в почве под культурой по различным обработкам – расчетным методом по результатам определений влажности и плотности почвы, с учетом количества недоступной (влажность устойчивого завядания) растениям влаги [7]. Суммарное водопотребление культурами определяли водобалансовым методом – по разности запасов продуктивной влаги в начале и конце вегетации, с учетом выпавших осадков и коэффициента (Ка) их использования в зоне возделывания культуры [8]. Для оценки эффективности использования воды растениями определяли коэффициент водопотребления (Кв), который рассчитывали как отношение расхода суммарного потребления влаги к созданному урожаю.

Результаты и обсуждение

В среднем за три года исследований, на начальном этапе вегетации горохо-овсяной смеси однолетних трав, условия увлажнения и запасы продуктивной влаги в пахотном и метровом слоях были оптимальными. Но **метеорологические условия** в среднем за вегетационный период возделывания культуры в сезонах 2018-2020 гг. можно характеризовать как засушливые. В первый год исследований недостаток осадков в мае 2018 года при повышенной на 4,2°C температуре, составил 21 мм, что на 49 % ниже среднеемноголетних значений. Июнь отличился сильно-острой засушливостью при критическом среднемесечном количестве осадков 2,4 мм. Зимний период 2018-2019 гг. отмечался малоснежностью, что привело к незначительному снижению весенних запасов влаги в метровом слое. Вегетационный период в течение мая – июня 2019 года отличался от оптимальной многолетней нормы, при завышенном на 3,1-4,1°C температурном режиме. Метеоусловия вегетационного периода 2020 г. оказались наиболее близкими к среднеемноголетним показателям и благоприятными для роста и развития культуры, при ГТК в мае – июне 1,2 и 0,9 соответственно, что положительно отразилось на урожайности однолетней травы.

Рассматривая показатели плотности сложения пахотного и 0-30 см слоя почвы вначале вегетации горохо-овсяной смеси однолетних трав, следует отметить, что в среднем за три года исследований по различным обработкам они находились в пределах 1,01-1,13 г/см³ (табл. 1). Существенное уплотнение почвы (НСР-0,06 г/см³) наблюдалось при использовании поверхностной обработки и на варианте без применения какого-либо воздействия на почву (нулевая обработка – прямой посев), превышая плотность по

традиционной вспашке (контроль) на 5,9 и 11,9 % соответственно. К периоду уборки однолетних трав на зеленый корм произошло некоторое увеличение плотности сложения почвы в слое 0-30 см по всем изучаемым обработкам на 1,0-3,5 %, с сохраняющейся тенденцией уплотнения при снижении глубины воздействия на почвенный профиль (толщу).

Таблица 1 – Плотность сложения почвы при различных способах основной обработки под смесью однолетних трав, г/см³, 2018-2020 гг.

Слой почвы, см	Обработка почвы на глубину, см				Нулевая обработка (прямой посев)	НСР ₀₅	Целина
	Отвальная		Без-отвальная	Поверхностная КПЭ-3,8			
	20-22	14-16	14-16	8-10			
	Всходы – начало вегетации						
0-10	0,90	0,90	0,91	0,94	1,11	0,07	0,83
0-20	0,95	0,98	0,98	1,03	1,15	0,07	0,94
0-30	1,01	1,03	1,02	1,07	1,13	0,06	0,97
	Цветение, колошение – сенокосная спелость						
0-10	0,98	1,01	0,97	1,01	1,16	0,09	0,84
0-20	1,03	1,05	1,01	1,12	1,18	0,08	0,95
0-30	1,06	1,07	1,03	1,12	1,17	0,08	0,97
	Среднее за вегетацию						
0-10	0,94	0,95	0,94	0,98	1,13	0,08	0,83
0-20	0,99	1,01	0,99	1,07	1,16	0,05	0,94
0-30	1,03	1,04	1,02	1,10	1,15	0,07	0,97

В среднем за вегетационный период существенное уплотнение почвенного профиля отмечалось в слоях 0-20 и 0-30 см по поверхностной обработке и доходило до 1,07 и 1,10 г/см³ (при НСР = 0,05 и 0,07 г/см³ соответственно). Тогда как по нулевой обработке значительное увеличение плотности почвы наблюдалось по всему рассматриваемому профилю (НСР = 0,07 г/см³), на 4,9 % превышая плотность почвы по сравнению с поверхностной обработкой.

Одним из главных факторов, приводящих к более плотному состоянию пахотного слоя, в течение вегетационного периода является естественная убыль влаги. Почвенная влага – главный лимитирующий фактор в Центральном Черноземье. Низкие ее запасы значительно снижают эффективность агротехнических приемов и продуктивность культур [9, 10].

Улучшение водного режима черноземов за счет более эффективного использования влаги атмосферных осадков было и остается главной задачей земледелия [11]. Поэтому накопление, создание условий для аккумуляции рационального использования осадков – главное условие и цель при разработке технологических приемов и, прежде всего, способов обработки почвы. По мнению великого ученого практика Т.С. Мальцева [12], одной из основ технологии ресурсосберегающего земледелия, особенно в засушливых районах, является использование обработок, сохраняющих влагу: минимальная обработка почвы, включающая глубокую безотвальную вспашку (чизелевание), поверхностное мульчирование, культивацию и другие. Немаловажен и тот факт, что экономному расходу той разницы запасов влаги в почве, которая образуется при различных способах обработки почвы, способствуют удобрения [13].

В начальный период вегетации по различным обработкам под горохо-овсяную смесь содержание влаги в метровом слое почвы в фазу всходов колебалось в пределах от 121 до 143,7 мм, а к завершению вегетации (перед уборкой), 48,8-77,0 мм при несущественных отличиях между обработками (НСР= 18,2 и 19,5 мм соответственно) (табл. 2). Наибольшие запасы отмечались по безотвальной обработке, превышая наличие влаги на контрольной обработке на 2,1 % в начальную фазу развития и на 18,1 % при завершении вегетации.

Таблица 2 – Содержание доступной влаги в почве при возделывании горохо-овсяной смеси при различных способах основной обработки, мм, 2018-2020 гг.

Слой почвы, см	Обработка почвы на глубину, см				Нулевая обработка (прямой посев)	НСР ₀₅	Целина
	Отвальная		Без- отвальная	Поверхностная КПЭ-3,8			
	20-22	14-16					
	14-16	6-8					
Всходы – начало вегетации							
0-10	14,1	10,02	9,47	9,45	9,19	3,29	13,0
0-20	27,3	22,4	21,4	21,3	20,1	4,95	23,8
0-50	71,5	63,2	65,3	61,0	60,4	9,08	60,1
0-100	140,7	132,9	143,7	127,4	121,4	18,2	122
Цветение, колошение – сенокосная спелость							
0-10	0,36	0,63	1,10	0,55	1,90	0,96	4,90
0-20	3,77	2,76	4,96	3,30	5,49	2,05	9,64
0-50	19,9	17,9	23,6	13,3	20,9	8,62	25,9
0-100	65,2	68,0	77,0	48,8	62,4	19,5	71,0
Среднее за вегетацию							
0-10	7,22	5,32	5,27	5,00	5,54	2,50	8,93
0-20	15,5	12,6	13,2	12,3	12,8	3,95	16,7
0-50	45,7	40,5	44,5	37,1	40,7	8,65	43,0
0-100	103,0	100,5	110,3	88,1	91,9	18,3	96,5

Проведенные исследования показали, что в условиях засушливой лесостепи юго-востока ЦЧЗ наиболее эффективным оказалось возделывание однолетних трав на зеленую массу (корм) с применением вспашки на 20-22 и безотвальной обработки почвы на 14-16 см при урожайности 23,0 и 22,0 т/га (табл. 3), при максимальной прибавке от применения удобрений 3,8 и 3,7 т/га соответственно, по сравнению с фоном, без внесения удобрений.

Таблица 3 – Суммарное водопотребление и коэффициент использования влаги при возделывании однолетних трав (горохо-овсяная смесь) на зеленый корм в зависимости от способов обработки почвы в 2018-2020 гг., м³ (мм) /т, л /кг

Обработка почвы на глубину, см	Фон удобрённости	Фаза вегетации Запасы влаги, мм		Атмосф. осадки, мм	Урожайность, т/га	Суммарное водопотр, $\sum$, мм, м ³ /га	Удел.расход влаги на 1 т. з. м., м ³ ; (Кв) кг, л/кг	k, полез. исп., кг/т
		Всходы	Созревание					
Отвальная на 20-22	б/у	140,7	65,2	65,1	19,2	98,4	51,2	19,5
	НРК ₆₀				23,0	98,4	42,8	23,4
	Сред.				21,1	98,4	46,6	21,5
Отвальная на 14-16	б/у	132,9	68,0	65,1	18,8	91,0	48,3	20,7
	НРК ₆₀				21,6	91,0	42,1	23,7
	Сред.				20,2	91,0	45,0	22,2
Безотвальная на 14-16	б/у	143,7	77,0	65,1	18,3	92,3	50,5	19,8
	НРК ₆₀				22,0	92,3	41,9	23,9
	Сред.				20,2	92,3	45,8	21,8
Поверхностная на 6-8 см	б/у	127,4	48,8	65,1	17,3	100,6	58,1	17,2
	НРК ₆₀				21,6	100,6	46,6	21,5
	Сред.				19,5	100,6	51,7	19,3
Нулевая обработка (прямой посев)	б/у	121,4	62,4	65,1	11,2	86,9	77,8	12,9
	НРК ₆₀				13,0	86,9	66,8	15,0
	Сред.				12,1	86,9	71,9	13,9
НСР ₀₅					2,2			
Целина		121,9	71,1	65,1	8,4	81,3	96,5	10,4

*примечание – расчет выполнен с применением коэффициента использования осадков (Ка = 0,7) [8]

Такой эффективной прибавке содействовали минимальный расход влаги (табл. 3) и оптимальная плотность сложения по данным обработкам. Это способствовало, свободному проникновению в пахотный слой атмосферных осадков и создавало благоприятные условия для развития корневых систем, и более продуктивному использованию влаги, чем с применением поверхностной и нулевой обработок. В общем, по различным обработкам формирование урожайности находилось в прямой и тесной зависимости от наличия влаги в почве (при $r = 0,93$). Но при сопряжении с количеством потребляемой влаги на производство одной тонны зеленой массы горохо-овсяной смеси при той же направленности ($r = 0,58$) сила связи была несколько слабее.

Использование запасов влаги на естественном фоне (целина) было очень высоким – $96,5 \text{ м}^3/\text{т}$ при относительно низком урожае $8,5 \text{ т/га}$ зеленой массы степных трав. Величина коэффициента водопотребления одной и той же культуры колеблется в больших пределах; минимальное значение получается при благоприятном сочетании всех факторов жизни растений, при нарушении этого сочетания он увеличивается.

В среднем за три года исследований по различным обработкам, нами установлено, что наименьший удельный расход влаги (K_v) на производство 1 тонны зеленой массы горохо-овсяной смеси, был по отвальной и безотвальной обработкам на глубину 14-16 см и составлял в среднем от 45 до $45,8 \text{ м}^3/\text{т}$ (л/кг) с наиболее рациональным потреблением влаги на удобренном фоне (табл. 3). Это объясняет благоприятное сочетание всех факторов жизни культуры. Достаточно высокое и низкоэффективное использование влагозапасов, 51,7 и $71,9 \text{ м}^3/\text{т}$ по поверхностной и нулевой обработкам соответственно, привело к снижению урожайности однолетних трав. Столь низкое усвоение влаги культурой можно объяснить существенной уплотненностью почвы после этих обработок. Статистическая обработка данных по Б.А. Доспехову [14] показала (табл. 4), что суммарное потребление влаги культурой находилось в прямой ($r = 0,79$) зависимости от наличия влаги в пахотном слое почвы при тесном взаимодействии (62 %) между собой.

Таблица 4 – Корреляционная зависимость влияния агрофизических и водно-физических показателей на продуктивность зеленой массы горохо-овсяной смеси по различным обработкам, 2018-2020 гг.

Показатели	Плотность	Влажность	Урожайность	Водопотребление
Плотность	1,00	1%	13%	29%
Влажность	-0,10	1,00	86%	62%
Урожайность	-0,35	0,93	1,00	34%
Водопотребление	0,54	0,79	0,58	1,00

Выводы

Таким образом, можно констатировать, что при достаточной влагообеспеченности и оптимальной плотности пахотного слоя чернозема обыкновенного, приемы минимизации (применение мелкой вспашки и безотвальной обработки на 14-16 см), снижали потребление почвенной влаги и наиболее продуктивно использовали ее для воспроизводства одной тонны зеленого корма (горохо-овсяная смесь). Формирование урожая на 86 % зависело от количества влаги в почве и на 34 % от ее водопотребления культурой. Лишь водопотребление по нулевой обработке было значительно выше и малоэффективно, что возможно за счет более активного испарения влаги, которому способствует наличие большего количества почвенных капилляров, которые образуются в нетронутой обработке профиле почвы. Использование влагозапасов на естественном фоне (целине) по сравнению с вариантами на обрабатываемом фоне было неэффективным при сравнительно низкой урожайности степных трав.

В заключение необходимо отметить, что применение обработок при оптимальном и минимальном воздействии на пахотный слой поддерживает оптимальное агрофизическое состояние чернозема обыкновенного, не создавая плотности выше границы неблагоприятного для культуры уплотнения ($>1,3 \text{ г/см}^3$ – плотное состояние) [15], что способствует лучшему накоплению запасов влаги в почве пахотного и подпахотного слоев и их максимальному использованию при формировании урожая зеленой массы горохо-овсяной смеси. При отказе от обработки почвы (прямой посев) происходит увеличение плотности сложения почвы и влагозапасы используются неэффективно, что приводит к снижению урожайности культуры. Тем самым можно сказать, что технология возделывания горохо-овсяной смеси с применением обработок с минимальной глубиной воздействия на почву на равных конкурирует с технологией при классической обработке, потребляя минимальное количество влаги на производство одной тонны зеленого корма при максимально высоком коэффициенте полезного использования влаги.

Список литературы

1. Тагиров М.Ш., Шакиров Р.С., Гилаев И.Г. Влияние способов основной обработки на водно-физические показатели почвы и продуктивность яровой пшеницы // Земледелие. 2015. № 8. С. 20-21.
2. Поляков Д.Г. Обработка почвы и прямой посев: агрофизические свойства черноземов и урожайность полевых культур // Земледелие. 2021. № 2. С. 37-43. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10208.
3. Гармашов В.М., Говоров В.Н., Крячкова М.П. Изменение плотности сложения чернозема обыкновенного при минимизации обработки и прямом посеве в условиях юго-востока ЦЧР // Аграрная Россия. 2022. № 3. С. 14-17. DOI: 10.30906/1999-5636-2022-3-14-17.
4. Солодовников А.П., Летучий А.В., Степанов Д.С., Шагиев Б.З., Линьков А.С. Динамика плотности почвы чернозема южного при минимизации основной обработки // Земледелие. 2015. № 1. С. 5-7.
5. Подсевалов М.И., Хайртдинова Н.А. Влияние обработки почвы и систем удобрений на агрофизические показатели чернозема выщелоченного и урожайность зерновых бобовых культур при биологизации севооборотов // Нива Поволжья. 2012. № 3. С. 18-22.
6. Тарасенко Б.И. Обработка почвы. Краснодар: Краснодар. кн. изд-во, 1975. 174 с.
7. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
8. Словарь-справочник по агропочвоведению / Под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. В.Д. Иванова. Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 1999. 400 с.
9. Гилев С.Д., Цымбаленко И.Н., Копылов А.Н., Ионина Н.В. Жизненное кредо Терентия Семеновича Мальцева: забота о земле кормилице, ее плодородии (к 125-летию со дня рождения) // Плодородие. 2020. № 4(115). С. 3-7. DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.01
10. Лебедева И.И., Чевердин Ю.И., Титова Т.В., Гребенников А.М., Маркина Л.Г. Структурное состояние миграционно-мицелярных (типичных) агрочерноземов Каменной степи в условиях разновозрастной пашни // Почвоведение. 2017. № 2. С. 227-238. DOI: 10.7868/S0032180X17020095.
11. Шикула Н.К., Назаренко Г.В. Минимальная обработка черноземов и воспроизводство их плодородия. Москва: Агропромиздат, 1990. 318 с.
12. Злотников А.К. Как компенсировать недостатки технологии No-till. ООО «Научно-производственная фирма Альбит» // Защита и карантин растений. 2018. № 6. С. 35-37.
13. Кежембаева Ж.К., Умбетов А.К. Влагообеспеченность и коэффициент водопотребления зерновых культур на богаре в зависимости от различных способов

обработки почвы и минерального питания // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 3(77). С. 39-41.

14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Главная. Сельское хозяйство, агропром. Методика опытного дела. 5 изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

15. Качинский Н.А. Физика почвы. Часть 1. Учебник для студентов университетов. Москва: Высшая школа, 1965. 324 с.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 20.02.2023

Принята к публикации 16.03.2023

INFLUENCE OF DIFFERENT SOIL TILLAGE AND DIRECT SOWING ON WATER CONSUMPTION AND YIELD OF ANNUAL GRASSES FOR GREEN FORAGE

V. Garmashov, *V. Govorov, M. Kryachkova

FGBSI "Voronezh FASC named after V.V. Dokuchaev", Russia, Stone Steppe

*e-mail: trinvictr@mail.ru

The article presents the results of changes in the bulk soil density and water regime of ordinary chernozem depending on tillage in the cultivation of annual grasses. It is shown that the methods of basic tillage did not significantly affect the change in bulk soil density, but increased the efficiency of moisture use for the production of 1 ton of green mass of pea-oat mixture. When cultivating crops of annual grasses without the use of the main treatment (direct sowing), water consumption was significantly higher, and the yield decreased sharply.

Key words: tillage, direct sowing, soil moisture, soil density, water consumption, productivity.

References

1. Tagirov M.Sh., Shakirov R.S., Gilaev I.G. Vliyanie sposobov osnovnoi obrabotki na vodno-fizicheskie pokazateli pochvy i produktivnost' yarovoi pshenitsy. Zemledelie. 2015. N 8. S. 20-21.

2. Polyakov D.G. Obrabotka pochvy i pryamoi posev: agrofizicheskie svoistva chernozemov i urozhainost' polevykh kul'tur. Zemledelie. 2021. N 2. S. 37-43. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10208.

3. Garmashov V.M., Govorov V.N., Kryachkova M.P. Izmenenie plotnosti slozheniya chernozema obyknovennogo pri minimizatsii obrabotki i pryamom poseve v usloviyakh yugovostoka TsChR. Agrarnaya Rossiya. 2022. N 3. S. 14-17. DOI: 10.30906/1999-5636-2022-3-14-17.

4. Solodovnikov A.P., Letuchii A.V., Stepanov D.S., Shagiev B.Z., Lin'kov A.S. Dinamika plotnosti pochvy chernozema yuzhnogo pri minimalizatsii osnovnoi obrabotki. Zemledelie. 2015. N 1. S. 5-7.

5. Podsevalov M.I., Khairtdinova N.A. Vliyanie obrabotki pochvy i sistem udobrenii na agrofizicheskie pokazateli chernozema vyshchelochennogo i urozhainost' zernovykh bobovykh kul'tur pri biologizatsii sevooborotov. Niva Povolzh'ya. 2012. N 3. S. 18-22.

6. Tarasenko B.I. Obrabotka pochvy. Krasnodar: Krasnod. kn. izd-vo, 1975. 174 s.

7. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svoistv pochv. M.: Agropromizdat, 1986. 416 s.

8. Slovar'-spravochnik po agropochvovedeniyu. Pod obshch. red. d-ra s.-kh. nauk, prof. V.D. Ivanova. Voronezh: Tsentr dukhovnogo vrozozhdeniya Chernozemnogo kraya, 1999. 400 s.
9. Gilev S.D., Tsymbalenko I.N., Kopylov A.N., Ionina N.V. Zhiznennoe kredo Terentiya Semenovicha Mal'tseva: zabota o zemle kormilitse, ee plodorodii (k 125-letiyu so dnya rozhdeniya). Plodorodie. 2020. N 4(115). S. 3-7. DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.01.
10. Lebedeva I.I., Cheverdin Yu.I., Titova T.V., Grebennikov A.M., Markina L.G. Strukturnoe sostoyanie migratsionno-mitselyarnykh (tipichnykh) agrochernozemov Kamennoi stepi v usloviyakh raznovozrastnoi pashni. Pochvovedenie. 2017. N 2. S. 227-238. DOI: 10.7868/S0032180X17020095.
11. Shikula N.K., Nazarenko G.V. Minimal'naya obrabotka chernozemov i vosproizvodstvo ikh plodorodiya. Moskva: Agropromizdat, 1990. 318 s.
12. Zlotnikov A.K. Kak kompensirovat' nedostatki tekhnologii No-till. ООО "Nauchno-proizvodstvennaya firma Al'bit". Zashchita i karantin rastenii. 2018. N 6. S. 35-37.
13. Kezhembaeva Zh.K., Umbetov A.K. Vлагообеспеченность i koeffitsient vodopotrebleniya zernovykh kul'tur na bogare v zavisimosti ot razlichnykh sposobov obrabotki pochvy i mineral'nogo pitaniya. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. N 3(77). S. 39-41.
14. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. Glavnaya. Sel'skoe khozyaistvo, agroprom. Metodika opytnogo dela. 5 izd., pererab. i dop. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
15. Kachinskii N.A. Fizika pochvy. Chast' 1. Uchebnik dlya studentov universitetov. Moskva: Vysshaya shkola, 1965. 324 s.

Сведения об авторах:

Владимир Михайлович Гармашов
 Д.с.-х.н., заведующий отделом Адаптивно-ландшафтное земледелие, ФГБНУ
 «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»
 ORCID: 0000-0003-1214-9032
 Vladimir Garmashov
 Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department Adaptive Landscape Agriculture,
 FGBSI "Voronezh FASC named after V.V. Dokuchaev"

Виктор Николаевич Говоров
 Младший научный сотрудник, ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»
 ORCID: 0009-0001-1913-6237
 Victor Govorov
 Associate Researcher, FGBSI "Voronezh FASC named after V.V. Dokuchaev"

Мария Петровна Крячкова
 Младший научный сотрудник, ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»
 ORCID: 0009-0005-2260-2250
 Maria Kryachkova
 Associate Researcher, FGBSI "Voronezh FASC named after V.V. Dokuchaev"

Для цитирования: Гармашов В.М., Говоров В.Н., Крячкова М.П. Влияние различных способов обработки почвы и прямого посева на водопотребление и урожайность однолетних трав на зеленый корм // Вопросы степеведения. 2023. № 1. С. 75-82. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-1-75-82

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук ведет прием статей на бесплатной основе для их публикации в издании «Вопросы степеведения».

Публикация статей осуществляется по следующим научным специальностям:

1.6. Науки о Земле и окружающей среде:

- 1.6.12. Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов;
- 1.6.13. Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география;
- 1.6.15. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель;
- 1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия;
- 1.6.21. Геоэкология.

1.5. Биологические науки:

- 1.5.9. Ботаника;
- 1.5.12. Зоология;
- 1.5.14. Энтомология;
- 1.5.15. Экология;
- 1.5.19. Почвоведение;
- 1.5.20. Биологические ресурсы.

4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство:

- 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство;
- 4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика.

Рукописи принимаются на русском и на английском языках.

Издание выходит 4 раза в год.

Журнал включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Статьям присваивается цифровой идентификатор DOI.

Электронная версия номеров журнала размещается на сайте издания, в Научных электронных библиотеках eLIBRARY.RU и КиберЛенинка.

Подробнее об издании: <http://steppe-science.ru>

Адрес редакции издания:

460000, Россия, г. Оренбург, ул. Пионерская, дом 11, Институт степи УрО РАН

e-mail: steppescience@mail.ru

© Институт степи УрО РАН, 2023