

*На правах рукописи*



Ахкубекова Амина Анатольевна

**БИОРЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ  
ОСОБЕННОСТИ ВИДОВ СЕМЕЙСТВА BORAGINACEAE JUSS.  
ФЛОРЫ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА (НА ПРИМЕРЕ  
КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)**

*1.5.20 – Биологические ресурсы*

Автореферат диссертации на соискание учёной степени  
кандидата биологических наук

Владикавказ-2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова».

- Научный руководитель** **Тамахина Аида Яковлевна**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры товароведения, туризма и права ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ.
- Официальные оппоненты:** **Умаров Мухади Умарович**, доктор биологических наук, заведующий отделом биологических ресурсов ГКНУ «Академия наук Чеченской Республики», г. Грозный .  
**Ишмуратова Майя Мунировна**, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», г. Уфа.
- Ведущая организация:** Горный ботанический сад – обособленное подразделение ФГБУН Дагестанский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, г. Махачкала

Защита диссертации состоится 21 марта 2022 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.009.01 при ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет» по адресу: 362040, г. Владикавказ, ул. Кирова, д. 37, Горский ГАУ, зал заседаний Учёного совета.

E-mail: [ggaubiores@mail.ru](mailto:ggaubiores@mail.ru)

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет» и на официальном сайте [www.gorskigau.com](http://www.gorskigau.com).

Текст объявления о защите диссертации и автореферат диссертации отправлены для размещения на сайте Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки России: <http://vak3.ed.gov.ru>. 17 января 2022 г.

Автореферат разослан «\_\_» февраля 2022 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,  
кандидат биологических наук, доцент

 Гревцова Светлана Алексеевна

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Одной из задач оценки биологических ресурсов растений является изучение состояния ценопопуляций редких, охраняемых и хозяйственно ценных видов, типичных для конкретной территории. К таким видам относятся представители семейства бурачниковых (Boraginaceae Juss.). Имеющиеся данные свидетельствуют о возможности их многоцелевого хозяйственного использования в качестве лекарственных, декоративных, красильных, кормовых, медоносных, пергааносных, пищевых растений (Растительные ресурсы, 1980).

Наиболее изучены в кормовом аспекте окопники шершавый (*Symphytum asperum* Lerech.) и кавказский (*S. caucasicum* M. Vieb.), рекомендуемые для производства силоса и травяной муки (Медведев, Сметанникова, 1981, Парахин и др., 2006, Разумова и др., 2015 и др.). В фитомассе окопников выделены полисахариды, аллантоин, пирролизидиновые алкалоиды, фенольные кислоты (Amiranashvili et al, 2016, Salehi et al., 2019, Savic et al, 2015 и др.). В фитомассе медуницы мягкой (*Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem.) содержатся аллантоин, фенолкарбоновые кислоты, дубильные вещества, флавоноиды, антоцианы, витамины, фруктозосодержащие углеводы, эфирные масла, каротиноиды (Васфилова и др., 2015, Круглов, 2019, Тлепцерищева и др., 2017 и др.). В фитомассе синяка обыкновенного (*Echium vulgare* L.) выделены глюкофруктозаны, органические кислоты, нафтохиноны, сапонины, витамин С, флавоноиды, антоцианы, дубильные вещества, антраценпроизводные, алкалоиды (Дайронас, 2012, Шабанова и др., 2012, Гонтова, 2013 и др.). Отмечено избирательное накопление *E. vulgare* Ni, Cr, Pb, Cd (Позняк, 2011, Пузанов и др., 2012), а *P. mollis* - микроэлементов кроветворного комплекса (Круглов, 2019, Федько и др., 2014, Васильева и др., 2016).

Несмотря на довольно глубокую изученность химического состава, биологических и экологических особенностей *P. mollis*, *E. vulgare*, *S. sperum*, *S. caucasicum*, слабо исследованы видовые особенности морфологической и биохимической адаптации, отсутствуют данные об эксплуатационных запасах лекарственного сырья в естественных фитоценозах на территории Кабардино-Балкарской Республики (КБР), требуют уточнения экологические стратегии видов в экотопах различной степени нарушенности, прогноз уровня накопления пирролизидиновых алкалоидов и возможность расширения сферы хозяйственного использования.

**Цель и задачи исследования.** Цель исследования - изучить биоресурсный потенциал и биоэкологические особенности видов семейства Boraginaceae Juss. флоры Северного Кавказа (на примере КБР).

Для выполнения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучить состояние ценопопуляций *E. vulgare*, *S. asperum*, *S. caucasicum* и *P. mollis* в природных и антропогенных ландшафтах КБР, выявить лимитирующие

факторы, ограничивающие ареалы этих видов на территории республики;

- уточнить онтогенетические и эколого-фитоценотические стратегии *E. vulgare*, *S. asperum*, *S. caucasicum* и *P. mollis*;

- выявить биоресурсный потенциал видов Boraginaceae в биологическом поглощении тяжёлых металлов, накоплении алкалоидов и аллантаина;

- уточнить механизмы морфологической и биохимической адаптации видов Boraginaceae;

- обосновать применение *P. mollis* в хлебопечении;

- исследовать эксплуатационные запасы и оценить экономическую эффективность лекарственных сборов;

- разработать рекомендации по рациональному использованию видов Boraginaceae на территории КБР.

**Научная новизна.** На основе результатов исследования состояния ценопопуляций *E. vulgare*, *S. asperum*, *S. caucasicum* и *P. mollis* уточнены их онтогенетические и эколого-фитоценотические стратегии, обоснованы факторы, лимитирующие распространение видов, выявлены индикаторы состояния ценопопуляций, исследованы особенности биологического поглощения тяжёлых металлов, накопления питательных веществ и антиоксидантов в надземной и подземной фитомассе. Обоснованы рекомендации по применению изученных видов для фиторемедиации и биоиндикации загрязнения почв Zn, Mn, Cu, Pb и Mo. Разработана технология хлеба функционального назначения с *P. mollis*. Обоснован выбор участков для создания плантаций многоцелевого использования с минимальным содержанием пирролизидиновых алкалоидов и высокой питательностью зелёной массы *S. asperum* и *S. caucasicum*. Научная новизна теоретических и технологических решений подтверждена патентом на изобретение RU 2740094 C1.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Данные о современном состоянии ценопопуляций, лимитирующих факторах развития и распространения, эксплуатационных запасах и возможных объёмах ежегодных заготовок *E. vulgare*, *S. asperum*, *S. caucasicum* и *P. mollis* имеют практическую значимость для разработки мер по их рациональному использованию. Результаты изучения структуры изменчивости, стратегий, механизмов адаптации к стресс-факторам, особенностей биологического поглощения тяжёлых металлов расширяют и дополняют сведения о биоэкологических особенностях представителей семейства Boraginaceae. Основные результаты исследований используются при изучении дисциплин «Экология», «Товароведение и экспертиза комбинированных товаров и функциональных продуктов питания», «Пищевые и биологически активные добавки» в ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ.

**Методология и методы исследований.** Исследования проводились с использованием методов системного анализа. Лабораторные и полевые опыты осуществлялись в соответствии с общепринятыми методами (ГОСТы, ОФС, МУ). Учёты и

наблюдения выполнялись на основе стандартных методик, приборов, оборудования и компьютерных программ. Обработка экспериментальных данных проводилась методами математической статистики с помощью программного обеспечения (Microsoft Excel 10, STATISTICA 6.0).

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1) лимитирующие факторы, индексы виталитета и размерной пластичности, структура изменчивости морфологических признаков и возрастные типы ценопопуляций являются показателями онтогенетических и эколого-фитоценологических стратегий *S. asperum*, *S. caucasicum*, *P. mollis* и *E. vulgare*;

2) общие и видоспецифичные особенности морфологической, онтогенетической и биохимической адаптации видов к стрессу;

3) обеспеченность сырьевой базы дикорастущих растений семейства *Boerhavia* флоры КБР как основа для расширения сферы их хозяйственного использования.

**Степень достоверности результатов.** Достоверность результатов исследований подтверждается большим объёмом экспериментального материала (39 ценопопуляций, 1170 учетных площадок в 3 природных зонах КБР), полученного в результате полевых и лабораторных исследований, достаточным объёмом расчётных данных, высокой степенью точности результатов экспериментальных исследований (10-ти-кратная биологическая и 3-х-кратная аналитическая повторности).

**Апробация результатов.** Основные положения диссертации и результаты исследований докладывались на всероссийских (Майкоп, 28 сентября 2018 г., 25 сентября 2019 г., 11 ноября 2020 г., 25 ноября 2020 г.; Нальчик, 22 марта 2018 г., 22 октября 2020 г.; Омск, 18 апреля 2018 г.) и международных (Нальчик, 22 марта 2018 г., 19 ноября 2020 г., 20 марта 2020 г., Грозный, 15 мая 2018 г., 22 мая 2018 г., 4 ноября 2020 г., Омск, 18 апреля 2019 г., Магас, 2019 г., 21 сентября 2020 г., Йошкар-Ола, 18 марта 2019 г., Тюмень, 16 июля 2019 г., Орел, 24 февраля 2021 г.) научно-практических конференциях.

**Публикации.** По результатам исследований опубликовано 40 научных трудов, в т. ч. 13 научных статей – в научных изданиях из перечня ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, монография и патент.

**Личный вклад автора.** Результатами самостоятельной работы соискателя является обзор литературы, планирование и проведение геоботанических обследований, отбор образцов почвы и растений, качественный и количественный химический анализ, статистическая обработка, математический анализ и интерполяция полученных данных, подготовка публикаций по теме исследования (в т. ч. в соавторстве). Анализ и обобщение результатов, формулировка выводов и положений, выносимых на защиту, проведены автором лично при корректирующем участии научного руководителя.

**Структура и объем работы.** Диссертация изложена на 234 страницах и со-

стоит из введения, 6-ти глав, заключения, списка литературы, 28 приложений. В работе имеются 38 таблиц, 65 рисунков. Список использованной литературы насчитывает 268 источников, в том числе 90 - зарубежных авторов.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. Литературный обзор

Анализ литературных источников выявил значительную представленность в литературе сведений о биоэкологических, фитохимических особенностях и практическом использовании *E. vulgare*, *S. asperum*, *S. caucasicum* и *P. mollis*. В меньшей степени исследованы особенности накопления в надземных и подземных органах видов Boraginaceae пирролизидиновых алкалоидов, аллантаина и тяжёлых металлов, механизмы адаптации к комплексу экологических факторов.

### Глава 2. Объекты, условия и методы исследования

Объектами исследования являются ценопопуляции (ЦП) и органы *E. vulgare*, *S. asperum*, *S. caucasicum* и *P. mollis*, почвы и растительные сообщества с участием изучаемых видов. Ботанические, фитохимические и агрохимические исследования проводили в 2018-2020 гг. в степной, предгорной и горной зонах КБР.

Морфометрические параметры *E. vulgare* определяли в 15, *S. asperum* - в 10, *S. caucasicum* и *P. mollis* – в 7 ЦП для каждого вида. Анализ состояния ЦП в пределах учётных площадок оценивали по демографическим (численность и плотность особей) и биометрическим параметрам. Для оценки уровня морфологической изменчивости измеряли высоту главного ( $H_1$ ) и боковых ( $H_2$ ) побегов; количество боковых побегов ( $N$ ); число листьев на главном ( $n_1$ ) и боковых ( $n_2$ ) побегах; длину листьев на главном ( $L_1$ ) и боковых ( $L_2$ ) побегах; ширину листьев на главном ( $W_1$ ) и боковых ( $W_2$ ) побегах; диаметр стеблей главного ( $D_1$ ) и боковых ( $D_2$ ) побегов. Учётной единицей служили особи генеративного состояния в фазу цветения. Структуру изменчивости морфологических признаков оценивали по соотношению общей ( $CV$ ) и согласованной изменчивости ( $R^2ch$ ) признаков (Ростова, 2002). Онтогенетическую стратегию выживания видов определяли по зависимости индекса виталитета ЦП ( $IVC$ ) от коэффициента детерминации ( $R^2m$ ). Для изучения онтогенетической структуры ЦП на каждой учётной площадке подсчитывали число особей разных возрастных состояний. Возрастное состояние ЦП оценивали индексами возрастности  $\Delta$  (Уранов, 1975), эффективности  $\omega$  (Животовский, 2001), восстановления  $I_v$  (Жукова, 1987), замещения  $I_z$  (Жукова, 1995). Тип ЦП определяли по координатам «дельта-омега» (Животовский, 2001).

Содержание ТМ (мг/кг с. в.) в почве и фитомассе определяли атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией (МУ 01-19/47-11). Для оценки биологического поглощения ТМ растениями рассчитывали коэффициенты биологического накопления (КБН), биогеохимической подвижности

(КБП), транслокации (КТ) и аккумуляции (КА) (Важенин, 1984, Перельман, 1999). Общее содержание алкалоидов определяли весовым методом (Государственная фармакопея, 1990). Количественный анализ аллантаина проводили методом ВЭЖХ («Милихром А-02» с УФ-детектором). Количественное определение аскорбиновой кислоты, сухого вещества, сырого протеина, клетчатки, жира, БЭВ, фосфора и калия осуществляли стандартными методами. Аналитическая повторяемость 3-х-кратная. Агрохимический анализ почв районов исследования включал определение гумуса (по Тюрину),  $pH_{КС}$ , подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову), кальция (комплексометрическим методом).

Для изучения адаптации растений к стресс-факторам на стеблевых листьях определяли количество устьиц на  $1 \text{ мм}^2$ , индекс опушения, индекс гипостоматности (ИГП), характер распределения трихом и их размеры (ОФС.1.5.3.0003.15).

Для разработки способа производства пшеничного хлеба с функциональными свойствами в рецептуру теста вводили настой *P. mollis* с концентрацией сухих веществ 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5%. Качество хлеба оценивали по органолептическим, физико-химическим показателям, содержанию флавоноидов и микроэлементов, степень удовлетворения суточной потребности в пищевых веществах – по МР 2.3.1.2432-08. Эксплуатационные запасы определяли по урожайности сырья в воздушно-сухом весе и площади ЦП. Возможную ежегодную заготовку сырья оценивали с учётом оборота заготовки (Методика определения запасов, 1986).

Статистическая обработка результатов включала определение коэффициентов вариации (CV), корреляции (r), детерминации ( $r^2$ ), наименьшей существенной разности на уровне значимости  $P \leq 0,05$  ( $НСР_{05}$ ) (Доспехов, 1985).

### **Глава 3. Состояние ценопопуляций видов *Boraginaceae* на территории Кабардино-Балкарской Республики**

На территории КБР растения *E. vulgare* свободно заселяют антропогенно нарушенные луговые фитоценозы на высоте от 200 до 1400 м н. у. м. и выше. Минимальное обилие *E. vulgare* (1% и менее) отмечено в луговых фитоценозах с низким уровнем антропогенной нагрузки. В условиях пониженной фитоценотической конкуренции умеренно нарушенных экотопов проективное покрытие *E. vulgare* повышается до 5%. В фитоценозах сильно нарушенных экотопов обилие *E. vulgare* достигает 15%. На террасах хвостохранилища Тырнаузского горно-обогатительного комбината (ТГОК) обилие *E. vulgare* повышается от верхних террас (до 1%) к нижним (до 10%). Максимальных значений показатели численности и физической плотности особи *E. vulgare* достигают в условиях умеренно и сильно нарушенных экотопов. (соответственно 3,26-5,25 и 3,18-5,38 особей на  $\text{м}^2$ ). Базовый онтогенетический спектр *E. vulgare* полночленный одновершинный с преобладанием молодых и средневозрастных генеративных особей. В наименее нарушенных экотопах отмечено увеличение доли генеративных особей молодого и

средневозрастного состояния, снижение доли старовозрастных и прегенеративных особей. В умеренно нарушенных экотопах преобладают особи средне- и старовозрастного состояния. В сильно нарушенных экотопах доля прегенеративных особей значительно возрастает; в большинстве ЦП спектр двухвершинный с преобладанием  $m$  и  $g_2$  особей.

Для участков с IVC от 1,13 до 1,21 характерны зрелые; 0,91 и ниже – молодые; от 0,94 до 1,09 – переходные и зреющие типы ЦП. В слабо нарушенных экотопах IVC *E. vulgare* варьирует в интервале от 0,90 до 1,17, ISP=1,30. Большинство изученных биометрических параметров характеризуются средней изменчивостью. В умеренно нарушенных экотопах IVC варьирует от 0,94 до 1,18, ISP=1,25. Количество биометрических параметров с высокой изменчивостью возрастает. В сильно нарушенных экотопах IVC варьирует от 0,64 до 1,21, ISP=1,89. Большинство биометрических параметров характеризуются высокой степенью изменчивости за исключением диаметра стебля главного побега. Наибольшее влияние на IVC оказывает величина пастбищной дигрессии ( $r=0,40$ ), а наименьшее – кислотность и увлажнение почвы ( $r=0,12$ ).

У *E. vulgare* выявлено 3 группы признаков–индикаторов: генотипические (число листьев на боковых побегах, ширина листьев и диаметр стеблей), экологические (количество боковых побегов, число листьев на главном побеге, длина листьев) и эколого-биологические (высота побегов) (рис. 1-а). Для *E. vulgare* характерна стрессово-защитная онтогенетическая стратегия (рис. 1-б).

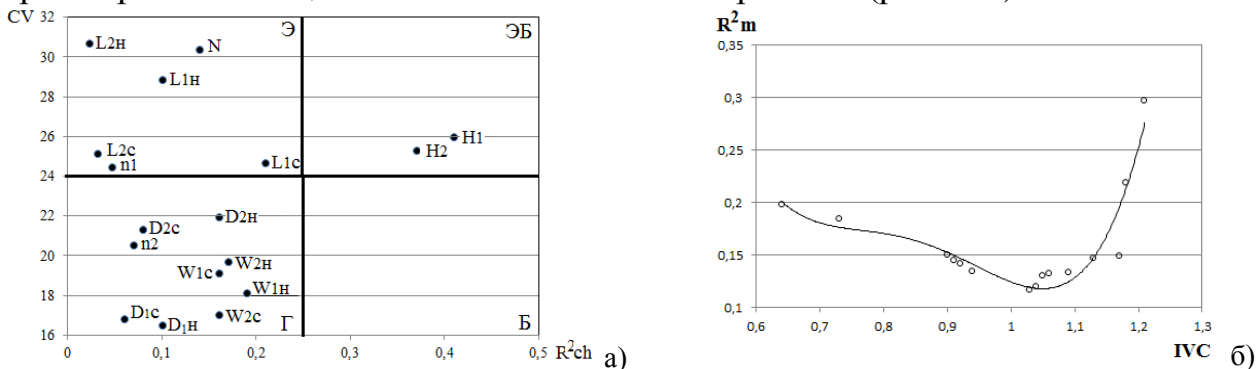


Рис. 1. Структура изменчивости морфологических признаков ЦП (а) и тренд онтогенетической стратегии (б) *E. vulgare*.

ЦП *S. caucasicum* характерны для равнинной части на северо-востоке республики. В большинстве фитоценозов о. кавказский является компонентом полурудеральных и рудеральных сообществ. Максимальные значения морфометрических параметров и IVC отмечены на участках с увлажнёнными хорошо дренированными почвами. Наибольшее влияние на морфометрические параметры растений оказывают температура воздуха ( $r=0,72-0,89$ ), общая пористость ( $r=0,75-0,97$ ) и влажность почвы ( $r=0,75-0,96$ ). ISP о. кавказского равен 1,71. Корреляционная связь между IVC и экологическими факторами варьирует от очень слабой (высота н. у. м., Са), слабой (осадки, гумус,  $P_2O_5$ ) и средней (рН,  $K_2O$ ) до высокой (температура) и очень высокой (общая пористость и влажность почвы).



В структуре изменчивости морфологических признаков *S. caucasicum* выделены 4 группы индикаторов: эколого-биологические - высота побегов; экологические – диаметр стебля, число цветков и побегов; генетические – длина венчика, количество и длина листьев, длина и ширина эремов; биологические – ширина листьев (рис. 2-а). Для о. кавказского установлена защитно-стрессовая онтогенетическая стратегия (рис. 2-б).

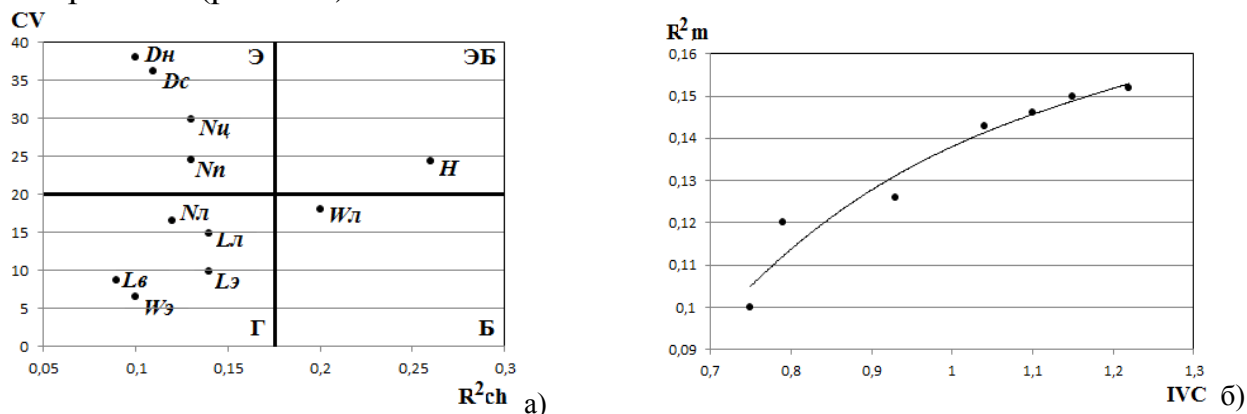


Рис. 2. Структура изменчивости морфологических признаков ЦП (а) и тренд онтогенетической стратегии (б) *S. caucasicum*.

Базовый онтогенетический спектр ЦП *S. caucasicum* одновершинный правосторонний с максимумом на средневозрастных генеративных особях. В условиях уплотнения и низкой влажности почвы доля прегенеративных особей снижается до 4-9%. Большая часть исследованных ЦП *S. caucasicum* относятся к зрелым.

ЦП *S. asperum* отмечены в предгорной и среднегорной зонах КБР до высоты 2600 м над у. м. В большинстве фитоценозов о. шершавый является компонентом полурудеральных и рудеральных сообществ. В благоприятных для роста и развития растений условиях IVC=1,16. В условиях усиления пастбищной нагрузки, значительного увлажнения, низких температуры вегетационного периода и рН почвенного раствора IVC снижается до 0,79. Относительно высокий индекс размерной пластичности (ISP=1,47) свидетельствует о рудеральной экологической стратегии *S. asperum*. По большинству морфометрических параметров установлены достоверные различия между растениями высокогорной и предгорной зон. Корреляционная связь между IVC и экологическими факторами варьирует от очень слабой (осадки, содержание подвижного фосфора) до средней (высота н. у. м, температурный режим, рН, K<sub>2</sub>O).

К экологическим индикаторам о. шершавого в исследуемых экотопах отнесены высота и число побегов, количество цветков, диаметр основания побега, длина пластинки листа; к эколого-биологическим - ширина листовой пластинки и диаметр побега на середине высоты; к биологическим – количество листьев и ширина эремов; к генетическим – высота венчика и длина эремов (рис. 3-а). Для *S. asperum* характерна стрессово-защитная онтогенетическая стратегия (рис. 3-б).

Базовый онтогенетический спектр ЦП *S. asperum* одновершинный левосторонний с максимумом на средневозрастных генеративных особях. В онтогенети-

ческих спектрах ЦП с  $IVC > 1$  доля прегенеративных особей составляет в среднем 34,2%, в ЦП с  $IVC < 1$  удельный вес прегенеративных особей снижается до 15%. Половина исследованных ЦП *S. asperum* относятся к зрелым.

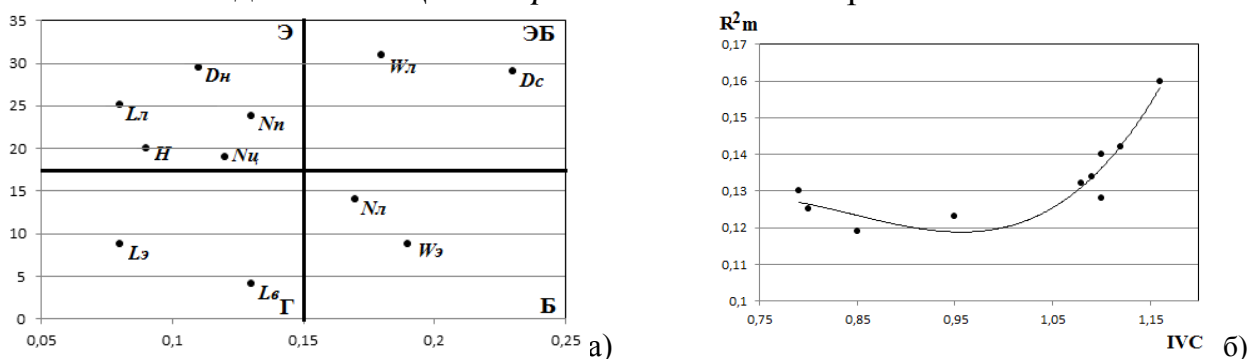


Рис. 3. Структура изменчивости морфологических признаков ЦП (а) и тренд онтогенетической стратегии (б) *S. asperum*.

ЦП *P. mollis* приурочены к лесостепной зоне КБР (пойменные дубравы, разнотравные дубняки, буковые леса). Установлена высокая сила связи между большинством исследованных морфометрических признаков и антропогенным воздействием ( $r = -0,7 \dots -0,90$ ).  $IVC$  варьирует от 0,68 в условиях высокой антропогенной нагрузки до 1,35 в ненарушенных местообитаниях. Корреляционная связь  $IVC$  с высотой н. у. м., температурным режимом, осадками, содержанием подвижного фосфора в почве слабая, а с остальными факторами средняя. Высокий индекс размерной пластичности ( $ISP = 1,98$ ) свидетельствует о пациентности вида. К генотипическим индикаторам отнесены диаметр стебля, длина и ширина листа, длина венчика; к экологическим – высота побега; к эколого-биологическим – количество генеративных побегов; к биологическим – количество цветков и листьев (рис. 4-а). Для *P. mollis* характерен стрессово-защитный тип онтогенетической стратегии (рис. 4-б).

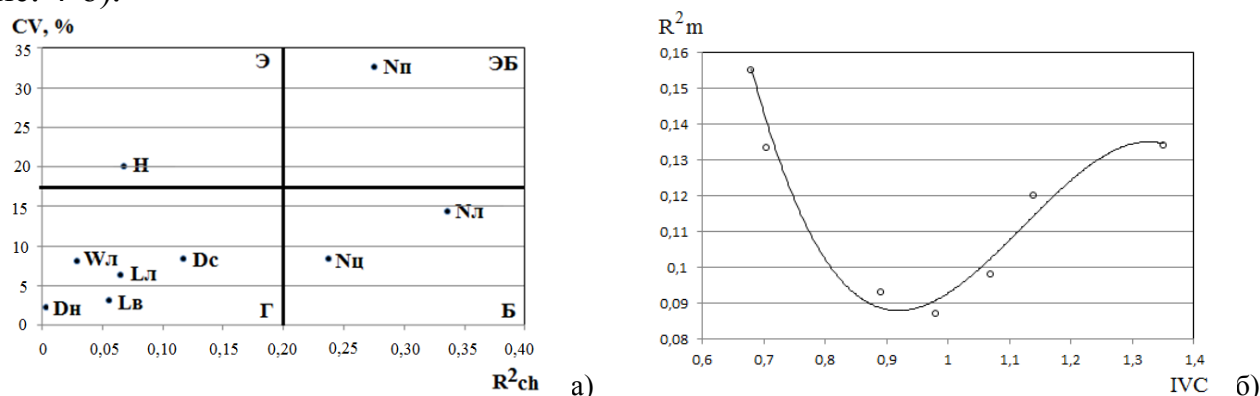


Рис. 4. Структура изменчивости морфологических признаков ЦП (а) и тренд онтогенетической стратегии ЦП *P. mollis* (б).

Базовый онтогенетический спектр ЦП *P. mollis* полночленный, левосторонний, с максимумом, приходящимся на средневозрастные генеративные особи. В фитоценологических условиях слабонарушенных экотопов возрастает доля прегенеративных, субсенильных и сенильных особей, а умеренно нарушенных экотопов – молодых и средневозрастных генеративных особей. В экотопах, подверженных

сильному антропогенному воздействию, в онтогенетическом спектре преобладают средневозрастные и старые генеративные особи. Большинство ЦП *P. mollis* являются переходными к зрелым.

#### Глава 4. Биоресурсный потенциал бумажниковых в биологическом поглощении тяжёлых металлов

Общими для изученных видов в условиях слабого загрязнения почв является высокая зависимость накопления растениями ТМ от содержания их мобильных форм в почве ( $r=0,79-0,89$ ), активное поглощение (КБП>1) подвижных Cu, Zn, Mn и Mo, ранжирование КБП в убывающей последовательности Cu>Zn>Mo>Mn>Pb, сильное накопление Cu и Zn, среднее – Mn и Mo, слабое – Pb, большее накопление ТМ в надземной фитомассе. Выявлена видовая специфичность аккумулирующих способностей по отношению к изученным ТМ (рис. 5).

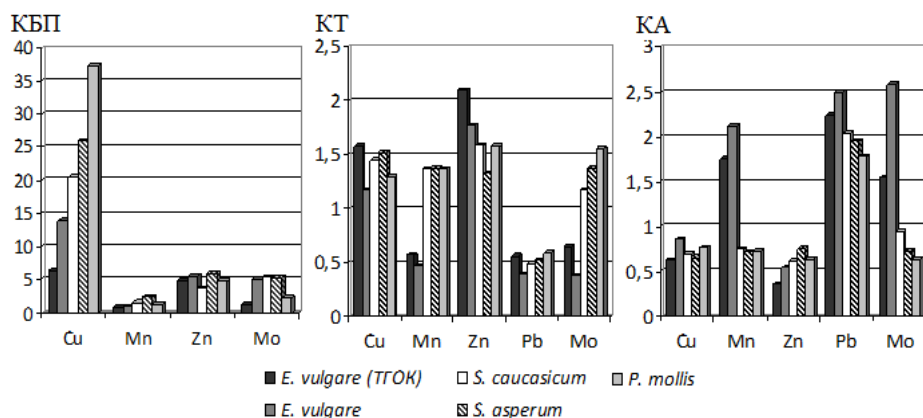


Рис. 5. Показатели биологического поглощения в условиях нетоксичных и токсичных (ТГОК) концентраций ТМ в почве.

В условиях повышенного загрязнения почвы ТМ (ТГОК) у растений *E. vulgare* отмечено снижение КБП в 1,20-3,81, КА – в 1,12-1,67, повышение КТ в 1,19-1,71 раза. В условиях слабого загрязнения почв КБПнф Cu убывает в ряду *P. mollis* > *S. caucasicum* > *E. vulgare* > *S. asperum*; Mn - *S. asperum* > *S. caucasicum* > *E. vulgare* > *P. mollis*; Zn - *P. mollis* > *S. asperum* > *S. caucasicum* > *E. vulgare*; Pb и Mo - *S. asperum* > *E. vulgare* > *S. caucasicum* > *P. mollis*. КБПпф Cu убывает в ряду *P. mollis* > *S. caucasicum* > *E. vulgare* > *S. asperum*; Mn - *E. vulgare* > *S. asperum* > *S. caucasicum* > *P. mollis*; Zn - *S. asperum* > *P. mollis* > *S. caucasicum* > *E. vulgare*; Pb и Mo - *E. vulgare* > *S. asperum* > *S. caucasicum* > *P. mollis*.

#### Глава 5. Морфологическая и биохимическая адаптация видов *Boraginaceae* к стрессу

По результатам микроскопии выявлены таксономические признаки листьев изученных видов: форма основных эпидермальных клеток, тип и строение трихом. Универсальной реакцией на стресс-факторы является редукция листовой пластинки, увеличение числа основных клеток эпидермиса адаксиальной (в 1,23-1,41 раза)

и абаксиальной (в 1,20-1,38 раза) поверхности листовой пластинки. КГП листьев *S. caucasicum* и *E. vulgare* в стрессовых условиях снижается незначительно, а у *P. mollis* повышается на 11%. На листьях *P. mollis* в стрессовых условиях отмечается повышение плотности устьиц на обеих поверхностях листовой пластинки в 2,0-2,8 раза, устьичного индекса в 1,6-2,3 раза. У остальных видов, напротив, в условиях стресса число устьиц снижается на обеих поверхностях листовой пластинки в 1,2-1,4 раза. При этом устьичный индекс адаксиальной поверхности листовой пластинки уменьшается в 1,6-1,8 раза, а абаксиальной – в 1,4-1,8 раза.

В порядке уменьшения CV изученные признаки образуют ряд: длина кроющих трихом > количество кроющих трихом > количество устьиц > количество железистых трихом > количество основных клеток эпидермиса. В условиях стресса отмечена тесная связь между количеством кроющих и железистых трихом обеих поверхностей листовой пластинки, а также возрастание размаха варьирования большинства признаков. В оптимальных условиях величина  $R^2_m$  признаков листа ниже, чем в условиях стресса. Наиболее выраженная зависимость согласованности признаков от факторов среды отмечена для *E. vulgare* и *S. asperum*, а наименьшая – для *P. mollis* (рис. 6).

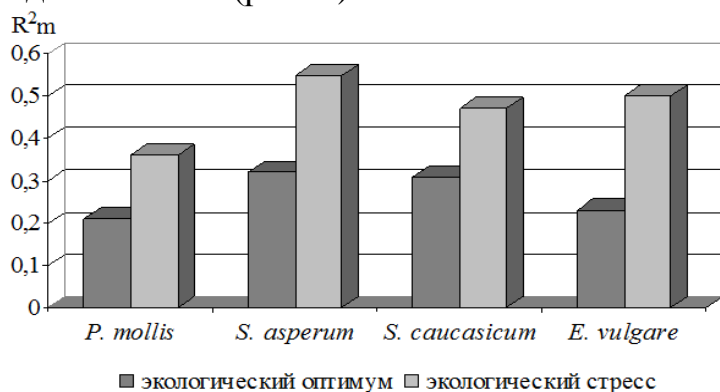
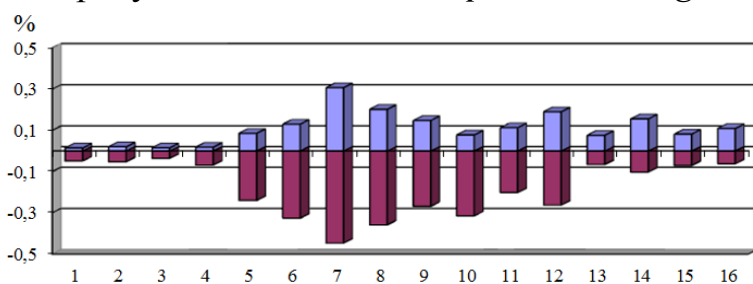
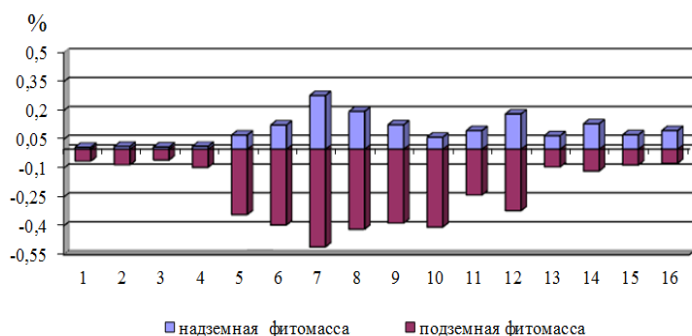


Рис. 6. Значение коэффициента детерминации признаков листа в условиях экологического оптимума и стресса.

Уровень накопления алкалоидов в надземной и подземной фитомассе снижается в ряду *S. caucasicum* > *S. asperum* > *E. vulgare* > *P. mollis* (рис. 7).



а)



б)

Рис. 7. Содержание алкалоидов, % от массы абс. сух. сырья, в фазе цветения (а) и плодоношения (б).

Содержание алкалоидов в подземной фитомассе *P. mollis*, *S. caucasicum* и *S. asperum* превышает аналогичный показатель в надземной части как в фазу цветения, так и в фазу плодоношения. В конце вегетации отмечается увеличение суммарного содержания алкалоидов в корнях соответственно на 43,1; 21,0 и 29,2% и снижение в стеблях с листьями соответственно на 41,7; 7,2 и 12,8%. В растениях *E. vulgare* в фазу плодоношения содержание алкалоидов в стеблях с листьями снижается на 11,6%, а в корнях возрастает на 20,0%.

Содержание алкалоидов в надземной фитомассе *P. mollis* характеризуется средней, *S. asperum*, *E. vulgare*, *S. caucasicum* (в фазе цветения) – высокой, *S. caucasicum* (в конце вегетации) – очень высокой вариабельностью. В подземной фитомассе вариабельность накопления алкалоидов снижается. Между накоплением алкалоидов в побегах, температурой и суммой осадков выявлены соответственно средняя ( $r=0,53\dots0,55$ ) и высокая отрицательная ( $r=-0,81\dots-0,83$ ) связи.

Корреляционная связь между содержанием алкалоидов в подземной фитомассе и температурой слабая ( $r=0,39\dots0,41$ ), а осадками – средняя отрицательная ( $r=-0,53\dots-0,55$ ). Сила связи между накоплением алкалоидов в подземной фитомассе исследуемых видов и содержанием подвижных форм ТМ в почве снижается в ряду  $Cu>Zn>Mn>Mo>Pb$ , а в надземной –  $Cu>Zn>Mo=Pb>Mn$ . Накопление алкалоидов в корнях коррелирует с содержанием металлов в подземной фитомассе ( $Cu>Mo>Mn>Zn>Pb$ ), а в побегах – с содержанием металлов в надземной фитомассе ( $Cu > Zn > Mo > Mn > Pb$ ). Уровень корреляции между накоплением алкалоидов и содержанием ТМ в растениях варьирует от высокого ( $Cu, Zn, Mo$ ) до среднего ( $Mn, Pb$ ).

В течение вегетационного периода отмечено снижение среднего содержания аллантаина в побегах изученных видов в 1,23-1,60, а в корнях – в 1,13-1,40 раза. В конце вегетации содержание аллантаина в корнях увеличивается по сравнению с фазой плодоношения у *P. mollis* – в 1,53, у *S. caucasicum* – в 2,14, у *S. asperum* – в 2,05 раза. Уровень накопления аллантаина в корнях снижается в ряду *S. asperum* > *S. caucasicum* > *P. mollis* > *E. vulgare*, а в побегах *S. asperum* > *P. mollis* > *E. vulgare* > *S. caucasicum* (рис. 8).

Сила связи между накоплением аллантаина и алкалоидов в надземных органах и корнях в течение вегетации снижается в ряду: *E. vulgare* > *P. mollis* > *S. asperum* > *S. caucasicum*.

Матрицы, соответствующие уровню влияния экологических факторов на химический состав растений, значительно различаются ( $R^2m$  от 0,368 у *S. asperum* до 0,508 у *E. vulgare*). Наиболее изменчива структура связей у *E. vulgare*, затем в порядке снижения изменчивости следует *P. mollis*, *S. caucasicum* и *S. asperum*. Повышению силы связей между признаками соответствует увеличение размаха варьирования. Наибольший уровень детерминированности характерен *E. vulgare*, а наименьший – *S. asperum*.

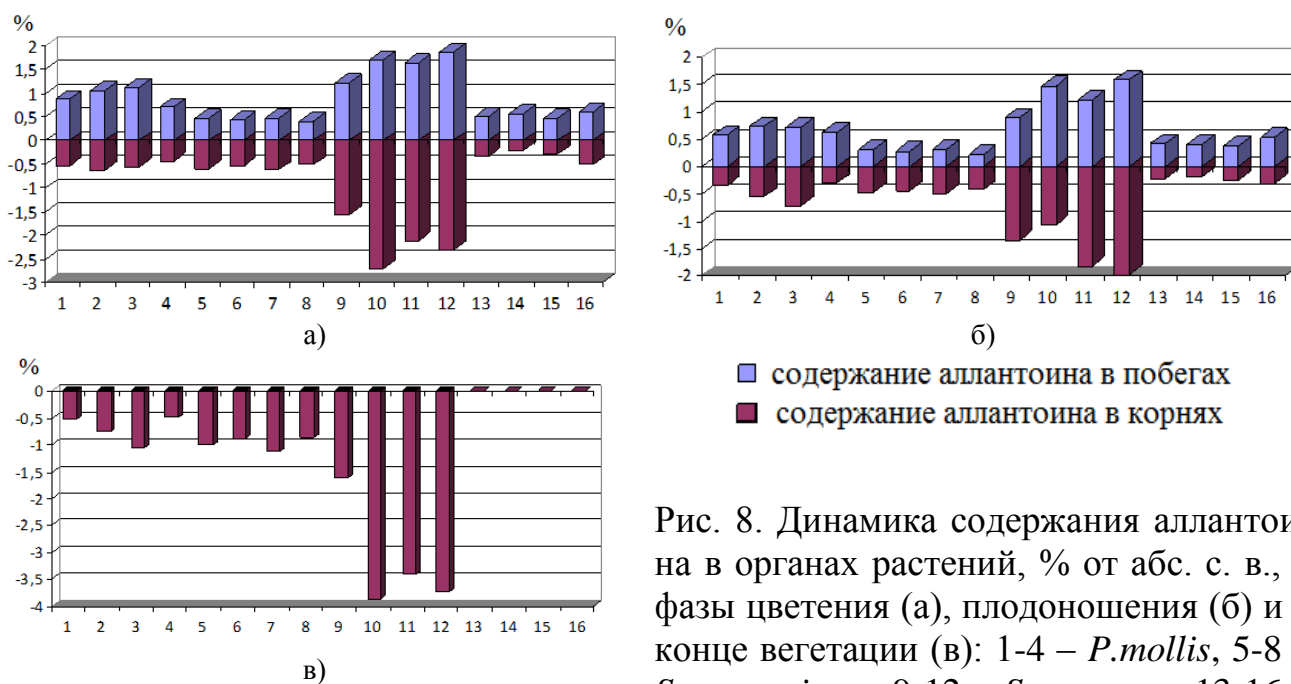


Рис. 8. Динамика содержания аллантиина в органах растений, % от абс. с. в., в фазы цветения (а), плодоношения (б) и в конце вегетации (в): 1-4 – *P. mollis*, 5-8 – *S. caucasicum*, 9-12 – *S. asperum*, 13-16 – *E. vulgare*.

Компоненты химического состава надземной фитомассы изученных видов характеризуются различными уровнями изменчивости. Низкая и средняя вариабельность отмечена для N, K и аллантиина, средняя и высокая – для P, Cu, Zn и витамина C, высокая и очень высокая – для Mn, Pb, Mo и алкалоидов. Наибольшее влияние на фитохимический состав оказывает содержание гумуса. Установлены сильные связи между ТМ в почве и уровнем накопления антиоксидантов в растениях (аллантиин – *P. mollis*, алкалоиды – *S. caucasicum* и *S. asperum*, алкалоиды + витамин C – *E. vulgare*). Степень сходства фитохимического состава видов снижается в парах *P. mollis* - *S. caucasicum*, *P. mollis* - *S. asperum*, *S. asperum* - *E. vulgare*, *S. caucasicum* - *E. vulgare*, *P. mollis* - *E. vulgare*.

Особенности накопления металлов и алкалоидов свидетельствуют о том, что в исследованных экотопах *P. mollis* проявляет RS-стратегию с равной выраженностью обеих компонент, окопники и синяк – CRS-стратегию с выраженностью S-компоненты у *S. caucasicum*, R-компоненты у *E. vulgare* и S-компоненты у *S. asperum*.

## Глава 6. Расширение сферы хозяйственного использования видов Boraginaceae

По рекогносцировочным данным эксплуатационные запасы корней *S. asperum* и *S. caucasicum* на территории КБР составляют соответственно 1,59 и 0,37 т, а травы *P. mollis*, *S. asperum* и *S. caucasicum* – соответственно 0,30; 1,74 и 0,46 т. Исходя из этих величин, возможна заготовка корней *S. asperum*, травы *S. asperum*, *S. caucasicum* и *P. mollis* в количестве соответственно 0,27; 0,87; 0,23 и 0,10 т ежегодно. Заготовка корневищ *S. caucasicum* нецелесообразна ввиду малочисленности ЦП данного вида на территории республики (табл. 1).

Таблица 1 – Запасы растительного сырья видов Boraginaceae на территории КБР: 1 - эксплуатационный запас (возд.-сухой вес), кг, 2 – возможная ежегодная заготовка, кг

Муниципальные районы КБР	Трава						Корневища и корни <i>S. asperum</i>	
	<i>P. mollis</i>		<i>S. asperum</i>		<i>S. caucasicum</i>		1	2
	1	2	1	2	1	2		
Зольский	53,51	17,84	264,0	132,0	-	-	192,0	32,0
Эльбрусский	64,56	21,52	196,0	98,0	-	-	140,0	28,0
Чегемский	66,59	22,20	180,0	90,0	-	-	165,0	27,5
Черекский	48,75	16,25	364,0	182,0	-	-	260,0	43,3
Урванский	31,32	10,44	168,0	84,0	-	-	324,0	54,0
Лескенский	42,09	14,03	274,0	137,0	-	-	262,0	44,0
Баксанский	-	-	294,0	147,0	-	-	247,0	41,2
Прохладненский	-	-	-	-	332,8	166,4	-	-
Майский	-	-	-	-	75,6	37,8	-	-
Терский	-	-	-	-	52,7	26,3	-	-
Итого	306,82	102,28	1740,0	870,0	461,1	230,5	1590,0	270,0

Рентабельность лекарственных сборов дикорастущих растений (листья *P. mollis*, корни и трава *S. asperum*) составляет 25,0-58,3%.

В природных ЦП *S. asperum* средняя урожайность зелёной массы выше, чем у *S. caucasicum*, в 1,25-1,54 раза. Урожайность зелёной массы окопников отличается высокой изменчивостью (табл. 2).

Таблица 2 - Урожайность зелёной массы окопников за 2 укоса, кг/м<sup>2</sup> (воздушно-сухой вес)

ЦП	<i>S. caucasicum</i>		ЦП	<i>S. asperum</i>	
	2018 г.	2019 г.		2018 г.	2019 г.
5	0,285	0,299	9	0,765	0,676
6	0,354	0,348	10	0,656	0,556
7	0,507	0,516	11	0,551	0,455
8	0,437	0,478	12	0,463	0,371
$\bar{X} \pm m$	0,396±0,048	0,410±0,051	$\bar{X} \pm m$	0,609±0,065	0,514±0,066
CV, %	24,45	25,18	CV, %	21,46	25,58

Между содержанием сырого протеина, сырого жира и алкалоидов в зелёной массе окопников установлена тесная связь. Снижение содержания алкалоидов в зелёной массе растений в фазу цветения свидетельствует о возможности кормового использования природных ЦП окопников.

По результатам кластерного анализа экологическими факторами, влияющими на накопление алкалоидов в зелёной массе окопников, являются в порядке снижения силы связи: содержание подвижных форм Cu, гумус, содержание подвижных форм Pb, pH почвенного раствора, температура, содержание подвижных форм Zn, Mn, подвижного фосфора, обменного калия, осадки. Для прогноза накопления пирролизидиновых алкалоидов (ПА) в зелёной массе получены уравнения квадратичной регрессии:

$$ПА = 4,085 - 0,752x + 1,091y + 0,034x^2 - 0,052xy - 0,227y^2$$

где  $x$  – температура,  $y$  – подвижные формы Cu;

$$PA=30,610 - 5,696 \cdot x + 0,562 \cdot y + 0,247 \cdot x^2 + 0,047 \cdot xy - 0,121 \cdot y^2,$$

где  $x$  – температура,  $y$  – подвижные формы Pb;

$$PA=0,177 - 0,010 \cdot x + 0,491 \cdot y + 0,001 \cdot x^2 - 0,002 \cdot xy - 0,22 \cdot y^2,$$

где  $x$  – подвижный фосфор,  $y$  – подвижные формы Cu.

Для расширения сферы применения бурачниковых разработан способ производства хлеба с медуницей. Введение водной вытяжки *P. mollis* в количестве 10% к массе муки в рецептуру теста из пшеничной муки высшего сорта способствует ускорению накопления кислот, сокращению продолжительности брожения теста и расстойки тестовых заготовок, повышению качества пшеничного хлеба по органолептическим и физико-химическим показателям. Пористость хлеба увеличивается на 11,02 %, удельный объем – на 0,32 см<sup>3</sup>/г. Хлеб с добавлением 10% настоя *P. mollis* удовлетворяет суточную потребность взрослого человека во флавоноидах, Fe, Mn, Cu и Zn соответственно на 5,2; 76,8; 50,0; 13,0 и 13,0%. Производство пшеничного хлеба функционального назначения на основе *P. mollis* позволяет снизить себестоимость готовых изделий на 11,92%, повысить прибыль в 1,7 раза и рентабельность на 13,73%.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Ареалы *E. vulgare* и *S. asperum* на территории КБР сплошные, охватывающие равнинную, предгорную, средне- и высокогорную зоны, *S. caucasicum* и *P. mollis* - прерывистые, охватывающие соответственно степную и лесостепную зону КБР. Лимитирующими факторами для изученных видов являются фитоценоотическая конкуренция (*E. vulgare*), высота н. у. м., температурный режим, рН почвы, содержание подвижного калия (*S. asperum*), плотность и влажность почвы (*S. caucasicum*), содержание гумуса, подвижного калия, рН почвы, антропогенная нагрузка (*P. mollis*). Общими индикаторами состояния ценопопуляций являются высота и количество генеративных побегов, видоспецифическими – количество листьев на главном побеге, длина листьев (*E. vulgare*), диаметр стебля, количество цветков, ширина листьев (*S. asperum*, *S. caucasicum*).

2. Для *E. vulgare*, *S. asperum* и *P. mollis* характерна стрессово-защитная онтогенетическая стратегия, для *S. caucasicum* – защитно-стрессовая. Основные типы ценопопуляций зрелые (*S. caucasicum*), зреющие и зрелые (*S. asperum*), переходные к зрелым и зрелые (*P. mollis*). По величине ISP и особенностям накопления тяжёлых металлов в исследованных экотопах *P. mollis* проявляет SR-, а *E. vulgare*, *S. caucasicum* и *S. asperum* - CRS-стратегию.

3. Для изученных видов в условиях слабого загрязнения почв характерны высокая зависимость накопления тяжёлых металлов от содержания их мобильных форм в почве, активное поглощение подвижных Cu Zn, Mn и Mo, ранжирование КБП в убывающей последовательности Cu>Zn>Mo>Mn>Pb. Видовая специфич-



ность поглощения металлов обусловлена различиями в их биогеохимической подвижности, транслокации и аккумуляции.

4. Содержание алкалоидов в надземной и подземной фитомассе снижается в ряду *S. caucasicum* > *S. asperum* > *E. vulgare* > *P. mollis*. В конце вегетации содержание алкалоидов повышается в подземной фитомассе и снижается в побегах. Уровень накопления аллантаина в корнях снижается в ряду *S. asperum* > *S. caucasicum* > *P. mollis* > *E. vulgare*, а в побегах *S. asperum* > *P. mollis* > *E. vulgare* > *S. caucasicum*. Содержание аллантаина в побегах и корнях значительно увеличивается в конце вегетации.

5. Адаптация листьев исследованных видов к условиям стресса проявляется в редукации листовой пластинки, возрастании числа и уменьшении размеров основных клеток эпидермиса и устьиц, увеличении общего количества трихом, в т. ч. железистых, и длины кроющих волосков.

6. Общими закономерностями формирования фитохимического состава являются зависимость уровня накопления витамина С и алкалоидов – от содержания тяжёлых металлов в почве и фитомассе, аллантаина и азота – от содержания фосфора в фитомассе, количества осадков, содержания тяжёлых металлов в фитомассе и почве, сырого протеина - от температуры и агрохимических показателей почвы. Для прогноза уровня накопления пирролизидиновых алкалоидов в зелёной массе окопников предложены уравнения квадратичной регрессии, описывающие зависимость содержания алкалоидов от температуры, подвижных форм Cu, Pb, Zn, Mo и содержания гумуса.

7. Для расширения сферы применения бурачниковых предложена технология производства пшеничного хлеба с добавлением 10% настоя *P. mollis*, удовлетворяющего суточную потребность взрослого человека во флавоноидах, Fe, Mn, Cu и Zn соответственно на 5,2; 76,8; 50,0; 13,0 и 13,0%. Расчетная рентабельность при этом повышается на 13,73%.

8. Эксплуатационные запасы корней *S. asperum* и *S. caucasicum* на территории КБР составляют соответственно 1,59 и 0,37 т, травы *P. mollis*, *S. asperum* и *S. caucasicum* – соответственно 0,30; 1,74 и 0,46 т. Исходя из этих величин, целесообразна заготовка корней *S. asperum*, травы *S. asperum*, *S. caucasicum* и *P. mollis* в количестве соответственно 0,27; 0,87; 0,23 и 0,10 т ежегодно. Расчётная рентабельность лекарственных сборов дикорастущих растений составляет 25,0-58,3%.

### Рекомендации

Для рационального использования биологических ресурсов *S. asperum* целесообразна заготовка корневищ, травы, а также кормовое использование зелёной массы природных ценопопуляций или плантаций многоцелевого (кормового и медоносного) назначения. Зелёную массу природных зарослей о. кавказского целесообразно использовать для мульчирования почв под сельскохозяйственные культуры.

Для рационального использования ценопопуляций *P. mollis* необходим контроль состояния существующих и выявление новых местообитаний, изучение возможностей культивирования медуницы в ботанических садах, организация специальных микрозаказников в месте произрастания вида, контроль лекарственных сборов с учётом периода восстановления запасов.

Для рационального использования медоносного потенциала *E. vulgare* на территории стационарных пасек целесообразно создание условий для повышения его конкурентоспособности в фитоценозах (рыхление почвы).

Применять *S. caucasicum*, *S. asperum* и *P. mollis* для биоиндикации загрязнения почв Zn, Mn, Cu и Mo, а *E. vulgare* - для фиторемедиации почв, загрязнённых Cu, Zn и Mo.

Для снижения риска кормового использования зелёной массы окопников осуществлять предварительный прогноз содержания пирролизидиновых алкалоидов на основе предложенных моделей квадратичной регрессии.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Тамахина А. Я., **Ахкубекова А. А.** Изменчивость строения листьев у синяка обыкновенного (*Echium vulgare* L.) (Boraginaceae) // Известия Оренбургского ГАУ. 2017. №6 (68). С. 233-237.
2. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Онтогенетическая структура ценопопуляций и эколого-ценотическая стратегия *Echium vulgare* L. // Известия Горского ГАУ. 2018. № 55 (ч. 2). С. 141-146.
3. Тамахина А. Я., **Ахкубекова А. А.** Микроморфологические особенности эпидермы и гистохимические методы идентификации вторичных метаболитов в листьях травянистых растений семейства Boraginaceae // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13. №3. С. 31-41. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2018-3-31-41>
4. Тамахина А. Я., **Ахкубекова А. А.**, Корсунов А. М. Модификационная изменчивость *Echium vulgare* L. в экотопах Центрального Кавказа // Вестник КрасГАУ. 2019. Вып. 1. С. 179-187.
5. Тамахина А. Я., **Ахкубекова А. А.**, Иттиев А. Б. Динамика накопления аллантаина в подземной фитомассе видов семейства Boraginaceae и его роль в адаптации растений к неблагоприятным экологическим факторам // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. №1. С. 126-136. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-1-126-136>
6. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Мониторинг современного состояния ценопопуляций и биоресурсный потенциал *Pulmonaria mollis* в экотопах Кабардино-Балкарии // Известия Горского ГАУ. 2019. №56 (2). С. 115-121.
7. Тамахина А. Я., **Ахкубекова А. А.** Мониторинг состава растительных сообществ на отвалах из отходов обогащения цветных металлов // Теоретическая и

прикладная экология. 2019. №2. С. 63-67. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2019-2-061-067>

8. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Особенности морфологической и биохимической адаптации медуницы мягкой (*Pulmonaria mollis*) к абиотическому стрессу // Известия Горского ГАУ. 2019. №56 (3). С. 98-105.

9. Бориева Л. З., Тамахина А. Я., **Ахкубекова А. А.** Формирование показателей качества пшеничного хлеба при добавлении настоя медуницы мягкой (*Pulmonaria mollis*) // Новые технологии. 2019. №3. С. 20-28.

10. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Биоресурсный потенциал видов семейства Boraginaceae в биологическом поглощении тяжёлых металлов // Известия Горского ГАУ. 2020. Т. 57. №1. С. 146-153.

11. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Адаптивность фитохимического состава видов семейства Boraginaceae // Естественные и технические науки. 2020. №7 (145). С. 64-70.

12. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Адаптивные признаки эпидермы листьев представителей семейства Boraginaceae // Известия Горского ГАУ. 2020. Т. 57. Ч. 2. С. 188-195.

13. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Снижение риска кормового использования видов рода *Symphytum* // Известия Оренбургского ГАУ. 2020. №4 (84). С. 91-96.

#### Патент:

14. Пат. 2740094 С1 Российская Федерация, МПК А21D 2/36 (2006.01). Способ производства пшеничного хлеба функционального назначения / Тамахина А. Я., Бориева Л. З., **Ахкубекова А. А.**; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова. - № 2020123132, заявл. 07.07.2020; опубл. 11.01.2021, Бюл. № 2. – 6 с.

#### Статьи в других журналах, сборниках конференций:

15. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Бурачниковые (Boraginaceae Juss.) флоры Кабардино-Балкарской Республики // Научный форум: Медицина, биология и химия: сб. ст. по материалам IX международной научно-практической конференции. М.: Изд-во «МЦНО», 2018. № 1(9). С. 6-12.

16. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Биоэкологические особенности и ареал *Symphytum asperum* Lерesh. на территории Кабардино-Балкарской Республики // IV Международная научно-практическая конференция «Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность» 22 марта 2018 г. Нальчик: Изд-во КБГАУ, 2018. С. 197-201.

17. Тамахина А. Я., **Ахкубекова А. А.** Ареал и биоэкологические особенности медуницы мягкой (*Pulmonaria mollis*) на территории Кабардино-Балкарской Республики // Актуальные проблемы биологии и экологии: Материалы международной научно-практической конференции (г. Грозный, 15 мая 2018 г.). Махачка-

ла: АЛЕФ, 2018. С. 41-47.

18. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Биоэкологические особенности *Echium vulgare* L. // Биологическое разнообразие – основа устойчивого развития: Материалы международной научно-практической конференции (Грозный, 22 мая 2018 г.). Махачкала: АЛЕФ, 2018. С. 24-29.

19. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Химический состав и питательная ценность зелёной массы видов *Symphytum* L. в естественных фитоценозах Кабардино-Балкарии // Проблемы и перспективы развития сельского хозяйства Юга России: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). 27–28 сентября 2018 года. Майкоп: ООО «Качество», 2018. С. 370-372.

20. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Экологическая характеристика и химический состав надземной массы видов *Symphytum* L. флоры Кабардино-Балкарской Республики // Грозненский естественнонаучный бюллетень, 2018. Т. 3. №6 (14). С. 47-55.

21. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Окопник кавказский (*Symphytum caucasicum* Vieb.) во флоре Кабардино-Балкарии // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: материалы VII Международной научной конференции. Йошкар-Ола: ООО «Вертола», 2019. С. 159-162.

22. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Внутривидовая изменчивость морфологических признаков окопника шершавого (*Symphytum asperum* Leresch.) в фитоценозах Кабардино-Балкарской Республики // Актуальные проблемы природообустройства, водопользования, агрохимии, почвоведения и экологии: материалы Всероссийской (национальной) конференции (18 апреля 2019 г.). Омск, 2019. С. 347-354.

23. Tamakhina A. Ya., Dzakhmishева I. Sh., **Ahkubekova A. A.**, Kantsalievа Z. L. Assessment of the Biological Resource Potential of Species of *Symphytum* L. in the Flora of the Kabardino-Balkarian Republic // International scientific and practical conference «AgroSMART - Smart solutions for agriculture», KnE Life Sciences, Vol. 2019. P. 1120-1128. <https://doi.org/10.18502/cls.v4i14.5710>

24. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Особенности оценки КПД ФАР в агрофитоценозах многолетних трав на примере окопника шершавого // Актуальные проблемы и перспективы развития сельского хозяйства Юга России: Сборник докладов по материалам Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). 25-27 сентября 2019 г. Майкоп: Изд-во «Магарин О.Г.». 2019. С. 400-405.

25. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Состояние и адаптивный потенциал ценопопуляций *Pulmonaria mollis* в экотопах Кабардино-Балкарии // Материалы XXI Международной научной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России (г. Магас, 15-18 ноября 2019 г.). Магас: ООО «КЕП», 2019. С. 127-

130.

26. Tamakhina, A. Ya., **Ahkubekova A. A.**, Gadieva A. A., Tiev R. A. Primary succession of plants of technogenic dumps of the Kabardino-Balkarian Republic // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 663. P. 1-6. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/663/1/012052>

27. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Эколого-биологические особенности и хозяйственное использование видов рода *Symphytum* флоры Кабардино-Балкарской Республики // Известия Кабардино-Балкарского ГАУ. 2020. №1 (27). С. 15-25.

28. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Роль аллантаина в адаптации растений семейства Boraginaceae // Известия Кабардино-Балкарского ГАУ. 2020. № 2(28). С. 27-32.

29. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Фитохимический состав как фактор адаптации к условиям среды и экологические стратегии видов семейства Boraginaceae // Известия Кабардино-Балкарского ГАУ. 2020. №3 (29). С. 43-49.

30. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Эколого-биологические особенности и эксплуатационные запасы медуницы мягкой в экотопах Кабардино-Балкарской Республики // Материалы Международной научно-практической конференции «Экология и природопользование» (Магас, 21-23 октября 2020 г.). Назрань: ООО «КЕП», 2020. С. 95-99.

31. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Биоресурсный потенциал окопника кавказского флоры Кабардино-Балкарии // Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России. Материалы XXII Международной научной конференции (Грозный, 4-6 ноября 2020 г.). Махачкала: АЛЕФ, 2020. С. 97-102.

32. Tamakhina, A. Ya., **Akhkubekova A. A.**, Dzakhmishева I. Sh., Kantsalievа Z. L., Gadieva A. A. Influence of ecological factors on pyrrolizidine alkaloids accumulation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 579. P. 1-7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/579/1/012050>

33. **Ахкубекова А. А.** Особенности накопления тяжёлых металлов видами семейства Бурачниковые (Boraginaceae) // Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность: материалы VI Международной научно-практической конференции, посвящённой памяти Заслуженного деятеля науки РФ, КБР, Республики Адыгея, профессора Б.Х. Фиапшева. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2020. С. 186-188.

34. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Растения семейства Boraginaceae в кормопроизводстве // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Юга России: Сб. докладов по материалам Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). 11-13 ноября 2020 г. Майкоп: ИП «Магарин О.Г.», 2020. С. 330-333.

35. **Ахкубекова А. А.**, Тамахина А. Я. Особенности накопления тяжёлых ме-

таллов агрофитоценозом с участием окопника шершавого // Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы: Материалы VI Международной научно-практической онлайн-конференции. 25 ноября 2020 г. Майкоп: ИП «Магарин О.Г.», 2020. С. 567-570.

36. **Ахкубекова А. А.** Экология и ареалы отдельных видов семейства *Boraginaceae* Juss. на территории Кабардино-Балкарии // Приоритетные направления инновационного развития сельского хозяйства: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2020. Том II. С. 9-12.

37. **Ахкубекова А. А.** Роль алкалоидов и аллантаина в формировании стресс-толерантности растений // Достижения и перспективы реализации национальных проектов развития АПК. VIII Международная научно-практическая конференция, посвящённая памяти заслуженного деятеля науки РФ и КБР, профессора Б.Х. Жерукова: Сборник научных трудов по итогам VIII Международной научно-практической конференции. Ч. II. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2020. С. 6-9.

38. **Ахкубекова А. А.,** Тамахина А. Я. Запасы сырья лекарственных растений семейства *Boraginaceae* на территории Кабардино-Балкарии // Известия Кабардино-Балкарского ГАУ. 2021. №1 (31). С. 25-30.

39. **Akhkubekova A. A.,** Tamakhina A. Ya. Accumulation of alkaloids in plants of the family *Boraginaceae* depending on environmental conditions places of growth // E3S Web Conf. 2021. International Scientific and Practical Conference “Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations” (FARBA 2021), Orel, Russian Federation, February 24-25, 2021. Vol. 254. 8 p. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125402014>

#### **Монография**

40. Тамахина А. Я., **Ахкубекова А. А.** Реализация адаптивного потенциала у лекарственных растений (семейства *Boraginaceae*, *Asteraceae*) Кабардино-Балкарии. Нальчик: Принт Центр, 2019. 195 с.