

СТАТЬИ И СООБЩЕНИЯ
РЕСУРСЫ ПОЛЕЗНЫХ РАСТЕНИЙ
И РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ

РЕСУРСНАЯ ОЦЕНКА *MENYANTHES TRIFOLIATA* (MENYANTHACEAE)
ЛЕСО-БОЛОТНОГО КОМПЛЕКСА “ДИКО́Е” (БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА)

© 2022 г. Д. Г. Груммо¹, Н. А. Зеленкевич¹, О. В. Созинов²*, Н. А. Кузьмичёва³

¹Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, Беларусь

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

³Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет, Витебск, Беларусь

*e-mail: ledum@list.ru

Поступила в редакцию 07.05.2021 г.

После доработки 21.07.2021 г.

Принята к публикации 03.12.2021 г.

Исследованы эколого-ценологические и ресурсные характеристики популяций *Menyanthes trifoliata* L. на территории водно-болотного комплекса “Дикое” (Беловежская Пуща, Беларусь). Установлено, что урожайность листьев *M. trifoliata* варьирует от 9 до 23 г/м² (возд.-сух.). *M. trifoliata* формирует ресурснозначимые популяции в условиях сильной стабильной обводненности на кислых, бедных азотом небогатых почвах. Максимальная урожайность листьев формируется в разнотравно-волосисто-плодноосоковых сообществах на низинных болотах и осоково-сфагновых фитоценозах на осоково-сфагновых переходных болотах. Высокое суммарное содержание флавоноидов (0.5–1.6%) в листьях *M. trifoliata* отмечено на осоково-сфагновых низинных болотах, в которых выявлена и повышенная урожайность сырья (23 г/м²). Поэтому такие угодья отнесены к ресурсно-фитохимическому оптимуму заготовки. Доказана возможность экспресс-метода определения урожайности сырья через глазомерную оценку проективного покрытия *M. trifoliata*. На основе геоботанической карты водно-болотного угодья, создана карта ресурснозначимых биотопов по *M. trifoliata*, которая оптимизировала метод ключевых участков, позволив дифференцировано подойти к ресурсно-значимым местообитаниям *M. trifoliata*.

Ключевые слова: *Menyanthes trifoliata*, bog bean, низинные болота, листья, урожайность, проективное покрытие, флавоноиды, корреляция, болото Дикое, Беловежская пуща, Беларусь

DOI: 10.31857/S0033994622010046

Необходимость сохранения биологического разнообразия *in situ*, гарантирующая устойчивое развитие окружающей среды, ставит перед наукой новые задачи для обеспечения неотложных действий, направленных на сохранение и рациональное использование биологических ресурсов, среди которых растительные ресурсы занимают особое положение как основной источник лекарственного и технического сырья. Работа по сохранению и рациональному использованию природных растительных ресурсов рассчитана на долгосрочную перспективу и включает несколько направлений, из которых приоритетными являются разработка эффективных и точных методов оценки запасов лекарственного растительного сырья на основе современных информационных технологий.

Для ресурсной оценки больших территорий в ботаническом ресурсоведении используется метод ключевых участков [1], который в настоящее время значительно модернизирован [2–5]. Наиболее актуальным объектом для полномасштаб-

ных ресурсоведческих работ в Беларуси являются болотные экосистемы [6]. Растительные ресурсы болот в Республике являются недостаточно изученными. Актуальных данных мало, т.к. болота являются труднодоступными для проведения полномасштабных наземных исследований [7]. Болотные фитоценозы являются ключевыми объектами в формировании экосистемных услуг для местных сообществ (в первую очередь, по растительному лекарственному сырью и ягодам). Ненарушенные болота могут служить для развития эко- и агротуризма, который в Беларуси особенно интенсивно развивается в пределах особо охраняемых природных территорий, имеющие свою администрацию (государственные природоохранные учреждения).

Одним из важнейших ресурсных растений, включенный в Государственную Фармакопею Республики Беларусь [8], является болотный вид – вахта трехлистная – *Menyanthes trifoliata* L. (Menyanthaceae). Листья вахты – *Menyanthidis trifoliatae* folia – являются фармакопейным сырьем, содер-

жащим комплекс веществ: лолиолит, иридоиды (логанин, сверозид, логанетин и др.), бетулин, стероиды, кумарины, флавоноиды (рутин, гиперозид), алкалоиды и др., которые обладают биологической активностью: иммуномодулирующей, противовоспалительной, противоязвенной, цитотоксической и антибактериальной [9].

Цель работы – оценка ресурсного потенциала *M. trifoliata* (вахты трехлистной) лесоболотного комплекса Дикое (Беловежская Пуща).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оценка урожайности, запасов и суммарного содержания флавоноидов лекарственного сырья *M. trifoliata* (лист) проведена в 2016 г. на лесоболотном комплексе “Дикое”, имеющем площадь 23.09 тыс. га [10]. Лесоболотный комплекс является северной частью Национального парка “Беловежская Пуща” (Беларусь).

Наземные изыскания проведены на основе предэкспедиционного планирования на основе разработанных ранее карт растительности и потенциальных мест проведения заготовок ресурсно-значимых видов [5]. В каждом ресурсно-значимом биотопе проводили геоботаническое описание [11]. На основе геоботанических описаний осуществляли фитоиндикацию экологических режимов биотопов по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова [12].

Оценка урожайности листьев *M. trifoliata* (возд.-сух. сырье) проведена методом учетных площадок ($n = 196$, размер 1600 см^2) на пробных площадях размером 100 м^2 ($n = 67$) в пределах ресурсно-значимых биотопов (табл. 1). Невысокая относительная ошибка оценки урожайности сырья (9–16%) свидетельствует о достаточной точности выявленного параметра [1] (табл. 2).

Ресурсными изысканиями охвачено 25% территории, что является достаточным для метода ключевых участков (не менее 10%). Оценка запасов сырья проведена с учетом встречаемости *M. trifoliata* в ключевых ресурсно-значимых биотопах.

Картографирование ресурсно-значимых местопроизрастаний *M. trifoliata* выполнено на основе полевых данных и с использованием географических информационных систем (ГИС) путем экстраполяции.

Анализ суммарного содержания флавоноидов в растительном сырье проводили спектрофотометрически в трехкратной повторности. Получение извлечения: около 0.1 г (точная навеска) измельченного сырья помещали во флакон емкостью 10 мл, прибавляли 5 мл 70%-го этанола, нагревали на кипящей водяной бане в течение 30 мин в специальном устройстве для герметизации. Суммарное содержание флавоноидов определяли в видимой области спектра в виде ком-

плексов с хлоридом алюминия, спектры поглощения которых имеют батохромный сдвиг по сравнению с исходными спектрами флавонов и флавонолов с максимумами в ультрафиолетовой области [8]. Относительная селективность данной методики достигается при помощи буферного раствора с $\text{pH} = 3$, поскольку известно, что в кислой среде комплексы алюминия хлорида с фенолоксидами распадаются [13]. К 0.5 мл полученного извлечения прибавляли 1 мл 2%-го раствора алюминия хлорида в 70%-м этаноле, 0.4 мл ацетатного буферного раствора с $\text{pH} = 3$ и 2 мл 70%-го этанола. Оптическую плотность полученного раствора измеряли на спектрофотометре при длине волны 410 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. Компенсационный раствор состоял из 0.5 мл извлечения, 0.4 мл ацетатного буферного раствора с $\text{pH} = 3$ и 3 мл 70%-го этанола. В качестве раствора сравнения использовали 0.5 мг/мл раствора рутина-стандарта в 70%-м этаноле. Раствор алюминия хлорида 2%-й готовили растворением навески в 70%-м растворе этилового спирта в воде. Ацетатный буферный раствор ($\text{pH} = 3$) готовили, прибавляя к 10 мл 1 М NaOH 57 мл 60 г/л CH_3COOH и доводя до 100 мл. Суммарное содержание флавоноидов в пересчете на рутин в процентах (X) вычисляли по формуле:

$$X = (A \times mp) / (m \times Ap) \times 100 / (100 - w) \times 100,$$

где, A – оптическая плотность исследуемого раствора; mp – масса рутина в растворе сравнения в граммах; Ap – оптическая плотность раствора рутина; m – масса сырья в граммах; w – потеря в массе при высушивании сырья в процентах [8, 14, 15].

Статистический анализ результатов исследований осуществляли на основе принципов и методов классической биометрии [16]. Базовую статистику, корреляционный, регрессионный и др. статистические анализы проводили в программах PAST [17] и STATISTICA 10. Сравнение выборок по урожайности сырья проводили на основе теста Kruskal–Wallis [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В пределах изученного болотного комплекса *M. trifoliata*, согласно полученным фитоиндикационным данным, относится к мокро-лесолуговой экологической группе (табл. 1). *M. trifoliata* формирует ценопопуляции в пределах от относительно устойчивого увлажнения до слабо переменного увлажнения, на бедных азотом кислых небогатых почвах (табл. 1), что подтверждается и литературными данными [18]. Степень освещенности является более значимым фактором, влияющим на величину урожайности, чем увлажнение: при сходном уровне водного режима, различие по величине урожайности *M. trifoliata* между ольсами

Таблица 1. Экологические параметры *Menyanthes trifoliata*
Table 1. Environmental parameters of *Menyanthes trifoliata*

№ п/п	Биотоп Biotope	Площадь, га Area, ha	Встречаемость, % Occurrence, %	Экологические оценки ($M \pm m$) Environmental assessment ($M \pm m$)					
				HD	NT	LC	TR	RC	FH
1	Лиственные болотные леса: чернольсы и пушистоберезняки Deciduous marsh forests: alder and white birch forests	718.77	31	15.7 ± 0.2	4.2 ± 0.6	3.6 ± 0.1	5.9 ± 0.4	5.6 ± 0.9	2.9 ± 0.5
2	Хвощево-тростниковые, болотно-папоротниково-тростниковые сообщества на низинных болотах Horsetail-reed, bog-fern-reed communities in fen	476.36	50	16.0 ± 0.2	4.3 ± 0.4	3.1 ± 0.2	7.1 ± 0.9	6.4 ± 0.9	4.7 ± 1.2
3	Разнотравно-волосистоплодно-осоковые сообщества на низинных болотах Forb-hairy-sedge communities in fen	1541.19	53	15.6 ± 0.3	3.6 ± 0.2	3.3 ± 0.1	5.5 ± 0.2	4.9 ± 0.3	2.8 ± 0.2
4	Травяно-(крупно)осоковые сообщества на низинных болотах Grass-(large)sedge communities in fen	4159.63	53	15.8 ± 0.1	4.4 ± 0.2	3.4 ± 0.1	5.9 ± 0.1	5.8 ± 0.2	3.4 ± 0.2
5	Осоково-сфагновые сообщества на переходных болотах Sedge-sphagnum communities in transitional mire	1072.75	40	16.0 ± 0.1	2.7 ± 0.1	3.4 ± 0.04	4.6 ± 0.1	3.9 ± 0.2	2.5 ± 0.1

Примечание. M – средняя величина; $\pm m$ – ошибка среднего значения; HD – уровень увлажнения; NT – уровень богатства азотом; LC – уровень освещенности; TR – уровень трофности субстрата; RC – уровень кислотности; FH – уровень переменной влажности.
Note. M – average value; $\pm m$ – mean error; HD – moisture level; NT – nitrogen wealth level; TR – the level of trophicity of the substrate; RC – acidity level; FH – moisture variability level.

Таблица 2. Ресурсные параметры *Menyanthes trifoliata*
Table 2. Resource parameters of *Menyanthes trifoliata*

№ п/п	Биотоп Biotope	Урожайность, г/м ² (возд.-сух.) Productivity, g/m ² (air-dry)			Запас сырья, т Stock of raw materials, t	Суммарное содержание флавоноидов, % Total flavonoid content, %
		<i>n</i>	<i>M</i> ± <i>m</i>	<i>m</i> , %		
1	Лиственные болотные леса: черноольсы и пуши- стоберезники Deciduous fen woodland: black alder and downy birch forests	25	8.88 ± 1.08	12.2	19.78	0.01–0.16
2	Хвоще-тростниковые, болотно-папоротни- ково-тростниковые сообщества на низинных болотах Fen horsetail-reed, bog-fern-peat communities	19	12.50 ± 2.06	16.5	29.77	0.17–0.34
3	Разнотравно-волосистоплодно-осоковые сооб- щества на низинных болотах Fen forb-woollyfruit sedge communities	41	23.06 ± 2.83	12.3	188.39	0.35–0.53
4	Травяно-(крупно)осоковые сообщества на низинных болотах Fen grass-high sedge communities	87	14.75 ± 1.34	9.1	325.15	0.17–0.34
5	Осоково-сфагновые сообщества на переходных болотах Sedge-sphagnum communities in transitional mires	24	23.02 ± 2.10	9.1	98.78	0.54–1.6

Примечание. *n* – объем выборки; *M* – средняя величина; ± *m* – ошибка среднего значения; *m*, % – относительная ошибка среднего значения.
Note. *n* – sample size; *M* – average value; ± *m* – mean error; *m*, % – relative error of the mean.

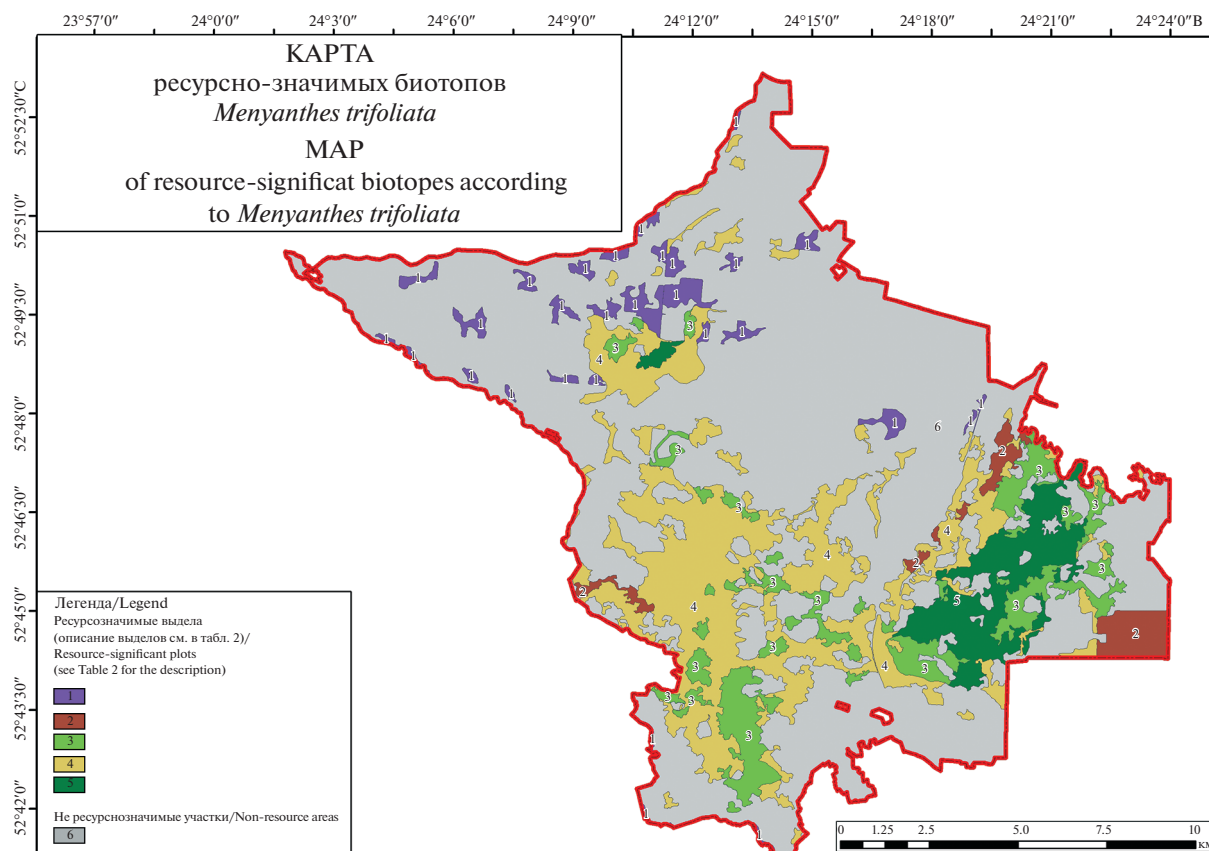


Рис. 1. Карта ресурсно-значимых биотопов *Menyanthes trifoliata*.

Fig. 1. Map of resource-significant biotopes of *Menyanthes trifoliata*.

и волосистоплодно-осоковыми болотами составляет более 2 крат (табл. 1).

На основе анализа полученных данных установлено, что встречаемость *M. trifoliata* в ресурсно-значимых биотопах лесо-болотного комплекса “Дикое” составляет в среднем 50% при урожайности воздушно-сухого сырья 14.6 ± 1.57 г/м². Сравнение полученных результатов по урожайности вахты с данным И.П. Сысой [19] по Белорусскому Поозерью показало, что в Поозерье отмечены более высокие значения урожайности (30.7 ± 3.59 г/м²). На наш взгляд, это связано с отсутствием показателя встречаемости при расчете урожайности сырья у И.П. Сысой [19], что приводит к несколько завышенным результатам. Сравнение величины урожайности без учета встречаемости по авторским материалам дало схожие с данными И.П. Сысой величины: 31.4–49.1 г/м².

Максимальное суммарное содержание флавоноидов в листьях (табл. 2) среди изученных биотопов выявлено на переходных осоково-сфагновых болотах с высокой урожайностью сырья, что свидетельствует о ресурсно-фитохимическом оптимуме заготовки *M. trifoliata* в данных условиях.

На основе карт растительности и биотопов [5], полевых и камеральных данных создана тематическая карта ресурсно-значимых биотопов для *M. trifoliata* (рис. 1). Это дало возможность корректно применить метод ключевых участков: провести экстраполяцию данных по урожайности *M. trifoliata* на площади потенциально ресурсно-значимых местообитаний и расчет запасов сырья (табл. 2) на всю территорию водно-болотного угодья.

Выявлена тесная взаимосвязь массы листьев и проективного покрытия *M. trifoliata* ($r = 0.97$; $p < 0.001$; $n = 196$) (рис. 2). На наш взгляд, такая высокая связь ценотических параметров обусловлена расположением листьев *M. trifoliata* в пространстве практически в одной плоскости. На учетных площадках (0.25 м² и меньше) возможно применение метода модельных экземпляров (листьев), тогда как на площадках большей площади (при разреженном травянистом ярусе) оперативно оценить урожайность листьев *M. trifoliata* можно через проективное покрытие.

Проверка регрессионного уравнения связи сухой фитомассы листьев с проективным покрытием по И.П. Сысой [19] показало наличие ограниче-

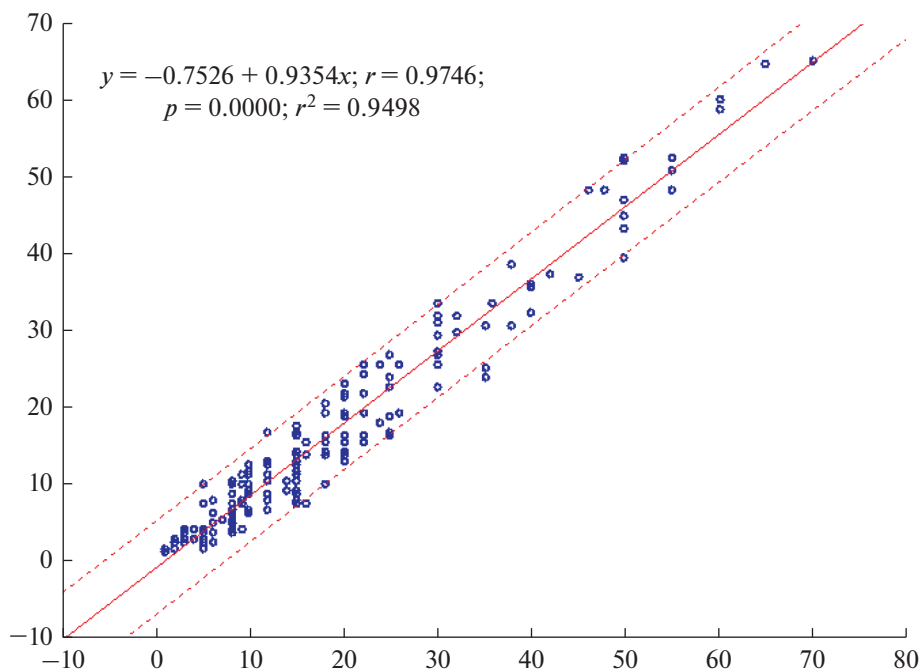


Рис. 2. Связь массы листьев и проективного покрытия *Menyanthes trifoliata*.

По горизонтали – проективное покрытие, %; по вертикали – воздушно-сухая масса, г/м². r – Коэффициент корреляции; r^2 – коэффициент детерминации; пунктирная линия – доверительный интервал прогноза 0.95.

Fig. 2. Relationship between *Menyanthes trifoliata* leaf mass and projective cover. X-axis – projective cover, %; y-axis – air-dry weight, g/m². r – Correlation coefficient; r^2 – coefficient of determination; dotted line – forecast confidence interval 0.95.

ния для предложенного этим автором уравнения (оно дает положительные значения фитомассы только при покрытии более 5%). Кроме того, выявлено достаточно большое расхождение (в среднем различия составили 35% при покрытии более 5%) по фитомассе при валидации уравнения [19] на нашем материале. Это свидетельствует о региональных и, возможно, биотопических особенностях популяций *M. trifoliata*.

Результаты проведенного исследования показали, что наиболее ресурсно-значимые по урожайности листья *M. trifoliata* ценозы – это разнотравно-волосистоплодноосоковые сообщества на низинных болотах и осоково-сфагновые сообщества на переходных болотах, образующие одну совокупность по урожайности ($p > 0.05$). Высокотравные болотные сообщества на низинных болотах относятся ко второй группе урожайности *M. trifoliata* (табл. 2) и минимальная урожайность отмечена в лесах на болотах (ольсах). При этом достоверных различий урожайности в болотных лесах и разнотравно-тростниковых биотопах нет ($p > 0.05$). Это свидетельствует о том, что для *M. trifoliata* синэкологический оптимум формируется при полной освещенности. Это подтверждает и совпадение высокого обилия и встречаемости в полностью открытых биотопах – волосистоплодно-осоковых болотах. Запасы сырья в первую

очередь зависят от площади фитоценозов, в связи с чем наиболее высокие величины запаса листьев *M. trifoliata* отмечены не в самых урожайных сообществах – травяно-осоковых (табл. 2).

Сопоставление территориальной приуроченности ресурсно-ценотических (урожайность, проективное покрытие, доступность заготовки, площадь ресурсно-значимых биотопов) и фитохимических (суммарное содержание флавоноидов) параметров *M. trifoliata* по картографическим материалам (рис. 1) дает основание утверждать, что наиболее рационально производить заготовку сырья в восточной части комплекса “Дикое” на осоковых болотах: в волосистоплодноосоковых сообществах на низинных болотах и осоково-сфагновых на переходных болотах. Данные биотопы занимают значительные площади, отличаются высокой урожайностью и встречаемостью *M. trifoliata* при высоком суммарном содержании флавоноидов в сырье (табл. 2). Кроме того, указанные местопроизрастания *M. trifoliata* характеризуются доступностью для заготовки (хорошая проходимость болота) и оптимальным расположением транспортных путей и населенных пунктов (табл. 1, 2, рис. 1).

Согласно полученным данным, ресурсно-значимые биотопы с *M. trifoliata* занимают 52.7% лесо-болотного комплекса “Дикое”, что является

основанием для включения данной территории в приоритетные угодья для заготовки растительного сырья в перспективе.

Полученный опыт показал, что ресурсное картирование в пределах ключевого участка на основе 1) современных информационных технологий, 2) классификации растительности, 3) данных наземного и дистанционного зондирования ресурсно-значимых растительных сообществ дает возможность корректной оценки пространственного распределения урожайности ресурсного вида и определения запасов сырья на основе данных, полученных авторами и другими исследователями для аналогичных растительных сообществ. Соответственно, возможно создание динамической базы данных (ГИС) по урожайности эталонных биотопов по стенотопным ресурсно-значимым видам растений для оперативного управления растительными ресурсами регионов.

ВЫВОДЫ

В результате ресурсоведческого обследования *M. trifoliata* в пределах водно-болотного комплекса

“Дикое” (Беловежская Пуца), установлено, что значимые, с точки зрения запасов лекарственного растительного сырья, местопроизрастания вида занимают около половины площади комплекса. Урожайность сырья (листьев) *M. trifoliata* варьирует, в зависимости от местопроизрастания, от 9 до 23 г/м² (возд.-сух.), с максимальными значениями в разнотравно-волосистоплодноосоковых сообществах низинных болот и в осоково-сфагновых сообществах переходных болот. Выявлена высокая степень корреляционной связи массы листьев (г/м²) с проективным покрытием (%) *M. trifoliata* ($Y = -0.7526 + 0.9354x$; $R^2 = 0.95$), что позволяет выполнять оперативную экспресс-оценку урожайности лекарственного сырья *M. trifoliata*. Ресурсно-фитохимический оптимум заготовки листьев *M. trifoliata* формируется на осоково-сфагновых переходных болотах. Метод ключевых участков, с использованием данных дистанционного зондирования и карты растительности, показал свою эффективность в оценке пространственного распределения ресурсно-значимых местопроизрастаний *M. trifoliata*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буданцев А.Л., Харитонов Н.П. 1999. Ресурсоведение лекарственных растений: Методическое пособие к производственной практике для студентов фармацевтического факультета. СПб. 87 с.
2. Груммо Д.Г., Созинов О.В. 2015. Создание ресурсных карт *Ledum palustre* (Ericaceae) на основе геоинформационных технологий. — Растит. ресурсы. 51(4): 564–582. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24347088>
3. Созинов О.В., Груммо Д.Г. 2016. Эколого-ценотическая и ресурсоведческая характеристика *Comarum palustre* (Rosaceae) в условиях пойменного болота Споровское (Республика Беларусь). — Растит. ресурсы. 52(3): 321–338. <http://elibrary.ru/item.asp?id=26494862>
4. Яновский А.А., Созинов О.В. 2017. Автоматизированная дистанционная экспресс-оценка расположения зарослей *Phragmites australis* перспективных для заготовки энерготехнологической фитомассы. — Растит. ресурсы. 53(4): 555–558. <https://elibrary.ru/item.asp?id=30514447>
5. Созинов О.В., Сысой И.П., Груммо Д.Г. 2018. К вопросу комплексного картирования потенциальных мест заготовок растительных ресурсов (на примере лесоболотного комплекса “Болото Дикое”). — В сб.: Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны: материалы III Междунар. науч.-практ. семинара, Минск–Гродно, 26–28 сент. 2018 г. Минск. С. 129–136. <https://botany.by/wp-content/uploads/2018/10/Sbornik-Rastitelnost-bolot-2018.pdf>
6. Груммо Д.Г., Ильючик М.А., Зеленкевич Н.А., Созинов О.В. 2009. Опыт геоботанического и экологического картографирования растительности (на примере лесоболотного комплекса Ельня). — В сб.: Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны. Материалы международного научно-практического семинара (Минск, Беларусь, 30 сентября–1 октября 2009 г.). Минск. С. 138–151.
7. Thiele A., Liašcynskaya N., Broska T., Bärish S., Skuratovič A., Dubovik D., Stepanovič J., Ermolenko G., Sozinov O., Sakovič A. 2015. Belarus Peatland Database. — Phytocoenologia. 45(4): 399–400. <https://doi.org/10.1127/phyto/2015/0092>
8. Государственная Фармакопея Республики Беларусь. 2008. Т. 2: Контроль качества вспомогательных веществ и лекарственного растительного сырья. Молодечно. 472 с.
9. Растительные ресурсы России. Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. 2011. Т. 4. Семейства Carriofoliaceae – Lobeliaceae. СПб.; М. 630 с.
10. Рамсарские территории Беларуси: “Болото Дикое”. 2020. Минск. 260 с. <https://www.researchgate.net/publication/340095967>
11. Ипатов В.С., Мирин Д.М. 2008. Описание фитоценоза. Методические рекомендации. СПб. 71 с. http://geobotany.bio.spbu.ru/publish%20dep/Ip%20Mir2008_phytocendescription.pdf

12. Цыганов Д.Н. 1983. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. Москва. 196 с.
http://ilan.ras.ru/wp-content/uploads/2020/03/cueganov-d.n._fitoindikaciya-yekologicheskikh-rez.pdf
13. Беликов В.В., Колесик Н.Т. 1989. Способ количественного определения флавоноидов в растительном сырье: Пат. 1507394, №.4301201; Заявл. 25.08.87; Опубл. 15.09.89.
https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet
14. Рутенберг А., Ломако Е.В. 2012. Реакция комплексообразования в методиках количественного определения флавоноидов. — В сб.: Актуальные вопросы современной медицины и фармации: материалы 64-й итоговой научно-практической конференции студентов и молодых ученых (17–18 апреля 2012 г. Витебск). Витебск. С. 300–301.
https://elib.vsmu.by/bitstream/123/11006/1/avsmf_64_2012.pdf
15. Кузьмичева Н.А. 2014. Фармакогностический анализ травы грушанок. — Вестник фармации. 2(64): 26–32.
https://elib.vsmu.by/bitstream/123/5641/1/vf_2014_2_26-32.pdf
16. Лакин Г.Ф. 1990. Биометрия. М. 352 с.
17. Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. — Palaeontologia Electronica. 4(1): 9.
https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
18. Hewett D.G. 1964. *Menyanthes trifoliata* L. — J. Ecology. 52(3): 723–735.
<https://doi.org/10.2307/2257858>
19. Сысой И.П. 2016. Оценка массы сырья дикорастущих лекарственных растений по некоторым биометрическим и продукционным показателям. — Ботаника (исследования). 45: 145–159.
https://botany.by/wp-content/uploads/2021/02/botanika_45.pdf

Resource Assessment of *Menyanthes trifoliata* (Menyanthaceae) of the Dikoe Forest-Mire Complex (Belovezhskaya Pushcha)

D. G. Grummo^a, N. A. Zelenkevich^a, O. V. Sozinov^{b, *}, N. A. Kuz'micheva^c

^a*Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Science of Belarus, Minsk, Belarus*

^b*Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Belarus*

^c*Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Belarus*

**e-mail: ledum@list.ru*

Abstract—Environmental, coenotic and resource characteristics of *Menyanthes trifoliata* L. populations of the territory of the Dikoe fen mire (Belovezhskaya Pushcha, Belarus) were studied. It was found that the productivity of *Menyanthes trifoliata* leaves varies from 9 to 23 g/m² (air-dry mass). *M. trifoliata* forms resource-significant populations under consistently high water levels on acidic, nitrogen-deficient soils. The maximum leaf productivity was observed in fen forb-sedge communities and sedge-sphagnum phytocenoses in sedge-sphagnum transitional mires. A high total flavonoids content (0.5–1.6%) in the leaves of *M. trifoliata* and its high productivity (23 g/m²) was found in sedge-sphagnum fens. Therefore, such lands are classified as the resource-phytochemical optimum for the raw material harvesting. It has been proved that it is possible to determine productivity of raw materials by a visual assessment of *M. trifoliata* projective cover. A map of *M. trifoliata* significant resource biotopes was put together based on geobotanical map of the fen. This optimized the key site approach allows to differentiate significant resource habitats of *M. trifoliata*.

Keywords: *Menyanthes trifoliata*, bog bean, mire, leaves, productivity, projective cover, flavonoids, correlation, wetland complex “Dikoe”, Belovezhskaya Pushcha, Belarus

REFERENCES

1. Budancev A.L., Haritonova N.P. 1999. [Resource studies of medicinal plants: A study guide to industrial practical training for the students of the Faculty of pharmacy]. St. Petersburg. 87 p. (In Russian)
2. Grummo D.G., Sozinov O.V. 2015. Creating a resource map of *Ledum palustre* (Ericaceae) based on GIS technology. — Rastitelnye resursy. 51(4): 564–582. (In Russian)
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24347088>
3. Sozinov O.V., Grummo D.G. 2016. Ecologo-coenotical and resource characteristics of *Comarum palustre* (Rosaceae) in Sporovskoe floodplain mire (Republic of Belarus). — Rastitelnye resursy. 52(3): 321–338. (In Russian)
<http://elibrary.ru/item.asp?id=26494862>

4. Yanovskiy A.A., Sozinov O.V. 2017. Automated remote express evaluation of the distribution of *Phragmites australis* reed beds prospective for fuel biomass harvesting. – Rastitelnye resursy. 53(4): 555–558. (In Russian)
<https://elibrary.ru/item.asp?id=30514447>
5. Sozinov O.V., Sysoy I.P., Grummo D.G. 2018. [On the issue of integrated mapping of potential sites for harvesting plant resources (case study of the forest-swamp complex “Dikoe Swamp”). – In: [Mire vegetation: modern problems of classification, mapping, use and protection: III International Scientific Workshop, Minsk–Grodno, 26–28 September 2018]. Minsk. P. 129–136. (In Russian)
<https://botany.by/wp-content/uploads/2018/10/Sbornik-Rastitelnost-bolot-2018.pdf>
6. Grummo D.G., Il'yuchik M.A., Zelenkevich N.A., Sozinov O.V. 2009. [Experience in geobotanical and ecological mapping of vegetation (case study of the forest-bog complex Yelnya)]. – In: [Mire vegetation: modern problems of classification, mapping, use and protection: International Scientific Workshop, Minsk, Belarus, 30 September–1 October 2009]. Minsk. P. 138–151. (In Russian)
7. Thiele A., Liašėynskaya N., Broska T., Bärish S., Skuratovič A., Dubovik D., Stepanovič J., Ermolenko G., Sozinov O., Sakovič A. 2015. Belarus Peatland Database. – Phytocoenologia. 45(4): 399–400.
<https://doi.org/10.1127/phyto/2015/0092>
8. [State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus]. 2008. V. 2. [Quality control of auxiliary substances and medicinal plant raw materials]. Molodechno. 472 s. (In Russian)
9. [Plant Resources of Russia: Wild flowering plants and their component composition and biological activity. Family Caprifoliaceae – Lobeliaceae]. 2011. V. 4. St. Petersburg; Moscow. 630 p. (In Russian)
10. [Ramsar sites of Belarus: Dikoe fen mire]. 2020. Minsk. 260 s. (In Russian)
<https://www.researchgate.net/publication/340095967>
11. Ipatov V.S., Mirin D.M. 2008. [Description of the phytocenosis: Guidelines]. St. Petersburg. 71 s. (In Russian)
http://geobotany.bio.spbu.ru/publish%20dep/Ip%20Mir2008_phytocendescription.pdf
12. Tsyganov D.N. 1983. [Phytoindication of ecological regimes in the subzone of mixed coniferous-broad-leaved forests]. Moscow. 196 s. (In Russian)
http://ilan.ras.ru/wp-content/uploads/2020/03/cueganov-d.n._-fitoindikaciya-yekologicheskikh-rez.pdf
13. Belikov V.V., Kolesnik N.T. 1989. [Method for quantitative determination of flavonoids in plant raw materials: Patent for invention 1507394.]. Application 4301201; Date of application 25.08.1987; Published: 15.08.1989. (In Russian)
https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet
14. Rutenberg A., Lomako E.V. 2012. [Complexation reaction in methods for quantitative determination of flavonoids]. – In: [Topical issues of modern medicine and pharmacy: materials of the 64th final scientific-practical conference of students and young scientists 17–18 April 2012, Vitebsk]. Vitebsk. P. 300–301. (In Russian)
https://elib.vsmu.by/bitstream/123/11006/1/avsmf_64_2012.pdf
15. Kuz'micheva N.A. 2014. [Pharmacognostic analysis of the herb of *Pyrola* species]. – Vestnik Farmatsii. 2(64): 26–32. (In Russian)
https://elib.vsmu.by/bitstream/123/5641/1/vf_2014_2_26-32.pdf
16. Lakin G.F. 1990. [Biometrics]. Moscow. 352 s. (In Russian)
17. Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. – Palaeontologia Electronica. 4(1): 9.
https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
18. Hewett D.G. 1964. *Menyanthes trifoliata* L. – Journal of Ecology. 52(3): 723–735.
<https://doi.org/10.2307/2257858>
19. Sysoi I.P. 2016. [The determination of raw material mass of wild medicinal plants on the base of some biometric and production indexes]. – Botanika (issledovaniya). 45: 145–159. (In Russian)
https://botany.by/wp-content/uploads/2021/02/botanika_45.pdf