

**ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЙ  
БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЛОДОВ ВИДОВ  
СЕМЕЙСТВА *ERICACEAE* ПРИ ИНТРОДУКЦИИ  
В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ**

Результаты успешной интродукции трех видов сем. *Ericaceae* – *V. corymbosum* L. (голубика высокорослая), *V. vitis-idaea* L. (брусника обыкновенная) и *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. (клюква крупноплодная) – в условиях Беларуси, начатой ЦБС НАН Беларуси еще в 1980-е гг., послужили предпосылкой для их введения в промышленную культуру. Вместе с тем развитие в республике данной отрасли растениеводства тесно связано с необходимостью совершенствования сортимента вересковых на основе выявления таксонов, обладающих наиболее богатым и устойчивым к погодным факторам биохимическим составом плодов. В последние годы коллекция ЦБС НАН Беларуси пополнилась рядом новых интродуцированных сортов обозначенных видов, что предоставило дополнительные возможности для проведения научных исследований в данном направлении.

В 2006–2010 гг. сотрудниками лаборатории химии растений была осуществлена сравнительная оценка параметров накопления широкого спектра полезных веществ в плодах 30 таксонов данного семейства, в том числе 16 сортов *V. corymbosum* L.: из раннеспелых – *Bluetta*, *Northblue*, *Weymouth*, *Duke*, *Reka*, *Earliblue*, *Spartan*, *Puru*, *Nui*; из среднеспелых – *Bluecrop*, *Northland*, *Patriot*, *Toro*, *Jersey*; из позднеспелых – *Elizabeth* и *Coville*; 10 сортов *V. vitis-idaea* L. – *Koralle*, *Red Pearl*, *Рубин*, *Erntedank*, *Erntesegen*, *Erntekrone*, *Ammerland*, *Masovia*, *Sanna*, *Sussi* и 4 сортов *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers.) – *Stevens*, *Ben Lear*, *Mc Farlin*, *Pilgrim*. При обозначении набора показателей биохимического состава плодов перечисленных таксонов приоритетное внимание было уделено исследованию общепринятыми методами параметров накопления в них наиболее ценных в физиологическом плане соединений, определяющих качество ягодной продукции: ряда витаминов, органических кислот, углеводов, фенольных соединений, в первую очередь биофлавоноидов, обладающих Р-витаминной активностью, тритерпеноидов и макроэлементов.

Установлены усредненные в многолетнем цикле наблюдений диапазоны варьирования в сортовых рядах *V. corymbosum* L., *V. vitis-idaea* L. и *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. показатели накопления определявшихся соединений в сухой массе плодов (табл. 12.1). На основании сравнения приведенных диапазонов было установлено, что плоды *V. corymbosum* L. отличались наибольшим среди исследуемых видов вересковых содержанием аскорбиновой и фенолкар-

боновых кислот, фруктозы и сахарозы при наиболее высоком уровне сахаристости. Вместе с тем для них было характерно наименьшее накопление азота, бензойной и свободных органических кислот, глюкозы, протопектина, лейкоантоцианов, катехинов, дубильных веществ и жирных масел. Для *V. vitis-idaea* L. было показано наиболее высокое содержание в плодах сухих веществ, азота, гидропектина, дубильных веществ, растительных липидов, бензойной и тритерпеновых кислот на фоне наименьшего накопления в них собственно антоцианов. Плоды *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. в этом ряду оказались наиболее богаты свободными органическими кислотами, протопектином, антоциановыми пигментами, катехинами и флавонолами, но вместе с тем отличались наименьшим содержанием сухих веществ, кальция, магния, фенолкарбоновых и тритерпеновых кислот, фруктозы и сахарозы при наименьших значениях сахарокислотного индекса. Вместе с тем для диапазонов варьирования в сортовых рядах интродуцентов содержания в плодах лигнинов, фосфора и калия не было выявлено сколь-либо выраженных межвидовых различий. Наряду с этим сходством подобных диапазонов в плодах *V. vitis-idaea* L. и *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. отмечены параметры накопления витамина С и глюкозы, в плодах *V. corymbosum* L. и *V. vitis-idaea* L. – флавонолов, кальция и магния, в плодах *V. corymbosum* L. и *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. – гидропектина.

Таблица 12.1. Диапазоны изменений усредненных в многолетнем цикле наблюдений (2006–2009 гг.) для сортовых рядов интродуцентов сем. *Ericaceae* количественных показателей биохимического состава плодов (в сухом веществе)

Показатель	<i>V. corymbosum</i> L.	<i>V. vitis-idaea</i> L.	<i>Oxycoccus macrocarpus</i> (Ait.) Pers.
Сухие вещества, %	11,7–16,7	15,2–16,9	10,7–12,1
Свободные органические кислоты, %	3,8–8,7	13,3–20,2	24,9–29,0
Аскорбиновая кислота, мг%	419,2–614,6	342,5–590,5	408,0–537,5
Глюкоза, %	3,5–5,9	4,9–6,0	4,8–6,2
Фруктоза, %	12,1–14,0	7,8–9,3	4,8–5,7
Сахароза, %	1,7–2,6	1,3–1,8	0,4–0,5
Сумма растворимых сахаров, %	18,5–21,2	14,9–16,7	10,1–11,8
Фруктоза/Глюкоза	2,1–3,8	1,4–1,8	1,3–2,4
Монозы/Дисахарид	8,8–14,2	9,8–11,4	21,9–30,4
Сахарокислотный индекс	2,4–6,4	0,8–1,3	0,4–0,5
Гидропектин, %	1,9–2,6	2,5–2,9	2,0–2,7
Протопектин, %	2,6–3,8	3,0–4,2	4,1–4,9
Сумма пектиновых веществ, %	4,9–6,3	5,6–6,8	6,4–7,4
Протопектин/Гидропектин	1,1–1,8	1,1–1,6	1,8–2,4
Антоцианы, мг%	363,3–1443,5	98,2–373,2	972,2–1885,4
Лейкоантоцианы, мг%	1178,4–2189,9	1944,3–3888,7	2955,8–3770,9
Сумма антоциановых пигментов, мг%	1639,9–3643,2	2081,8–4232,4	4104,8–5096,6
Катехины, мг%	626,3–909,7	694,1–1591,1	1250,4–1499,2
Флавонолы, мг%	1712,9–1983,4	1588,5–2079,5	1998,2–2187,9

Показатель	<i>V. corymbosum</i> L.	<i>V. vitis-idaea</i> L.	<i>Oxycoccus macrocarpus</i> (Ait.) Pers.
Флавонолы/Катехины	2,2–3,1	1,6–3,0	1,4–1,9
Сумма биофлавоноидов, мг%	4301,2–6219,0	4516,3–7601,6	7574,4–8682,0
Фенолкарбоновые кислоты, мг%	631,2–1092,4	569,6–759,0	548,7–605,0
Бензойная кислота, %	1,04–1,32	1,31–1,82	1,39–1,60
Дубильные вещества, %	1,66–2,27	1,71–3,79	2,46–2,72
Лигнины, %	9,9–14,0	10,0–15,5	11,4–13,0
Жирные масла, %	2,60–4,20	4,51–6,16	4,33–4,95
Тритерпеновые кислоты	2,51–3,14	2,57–3,40	2,48–2,99
N, %	0,80–1,08	1,07–1,25	0,90–0,98
P, %	0,11–0,17	0,13–0,16	0,13–0,16
K, %	0,58–0,72	0,64–0,76	0,67–0,72
Ca, %	0,37–0,42	0,35–0,41	0,27–0,29
Mg, %	0,08–0,11	0,09–0,11	0,08–0,09

В результате биохимического скрининга плодов интродуцированных сортов исследуемых видов в многолетнем цикле наблюдений выявлены таксоны с наибольшими и соответственно наименьшими параметрами накопления в них полезных веществ, относящихся к разным классам химических соединений (табл. 12.2, 12.3). При обобщении результатов данных исследований в четырехлетнем цикле наблюдений, как и в отдельные годы, были определены направленность и относительные размеры различий тестируемых таксонов каждого вида с эталонными объектами (районированными сортами) в содержании в плодах полезных веществ. В качестве эталонов сравнения в группах ранне-, средне- и позднеспелых сортов *V. corymbosum* L. использовали сорта *Bluetta*, *Bluecrop* и *Elizabeth*, в сортовых рядах *V. vitis-idaea* L. и *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. эта роль была отведена сортам *Koralle* и *Stevens* соответственно.

У большинства тестируемых таксонов каждого вида выявлено совпадение направленности различий с соответствующими им эталонными объектами в содержании в плодах исследуемых соединений, степень проявления которых существенно корректировалась видовой и сортовой принадлежностью интродуцентов, а также химической природой исследуемых соединений [1]. При этом для большинства сортов *V. corymbosum* L. было показано отставание от эталонных объектов, соответствующих их группам скороспелости, в накоплении в плодах свободных органических кислот на 17–53%, пектиновых веществ – на 4–20%, а также жирных масел и тритерпеновых кислот – на 6–31 и 4–11% соответственно. Вместе с тем большинство тестируемых таксонов, напротив, превосходили эталонные сорта в накоплении в плодах растворимых сахаров на 4–12%, а также по значениям их сахарокислотного индекса на 35–167%. Для некоторых же характеристик биохимического состава плодов голубики высокорослой в зависимости от скороспелости сортов были показаны разноориентированные тенденции в характере различий с эталонными объектами.

Таблица 12.2. Интродуцированные сорта *V. sorbitolifolium* L. с наибольшим (max.) и наименьшим (min.) в таксономическом ряду содержанием в плодах полезных веществ

Показатель	Раннеспелые сорта						Среднеспелые сорта						Позднеспелые сорта			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Сухие вещества, %		min.					max.									
Свободные органические кислоты, %					max.	min.				max.						max.
Витамин С, мг%					max.						max.					min.
Глюкоза, %									min.				max.			max.
Фруктоза, %		max.		max.										min.		
Сахароза, %	min.			max.										max.		max.
Сумма растворимых сахаров, %				max.				min.								max.
Сахарокислотный индекс				max.		min.	max.		min.					max.		max.
Гидропектин, %				min.			min.							max.		
Протопектин, %			max.		max.						min.	min.		max.		
Сумма пектиновых веществ, %				min.							min.	min.		max.		max.
Сумма антоциановых пигментов, мг%								min.	max.	min.	max.					
Катехины, мг%						min.		max.		min.			max.			max.
Флавонолы, мг%		max.		max.						max.	min.					min.
Сумма биофлавоноидов, мг%		max.		max.		min.			max.	min.						min.
Фенолкарбоновые кислоты, мг%			min.						max.	min.						max.
Бензойная кислота, %						min.			max.	min.	min.					
Дубильные вещества, %	min.				max.											max.
Лигнины, %						min.										
Жирные масла, %	max.		max.										min.	max.		
Тритерпеновые кислоты, %	max.									max.	max.					min.
N, %			max.							min.	min.					
P, %	min.			min.										max.		
K, %							min.									max.
Ca, %			max.						min.							
Mg, %				max.			max.			min.			min.			

Примечание. Обозначения сортов: 1 – *Blueetta*, 2 – *Northblue*, 3 – *Weymouth*, 4 – *Duke*, 5 – *Reka*, 6 – *Earliblue*, 7 – *Spartan*, 8 – *Puru*, 9 – *Nui*, 10 – *Bluestop*, 11 – *Northland*, 12 – *Patriot*, 13 – *Toro*, 14 – *Jersey*, 15 – *Elizabeth*, 16 – *Coville*.

Таблица 12.3. Интродуцированные сорта *V. vitis-idaea* L. и *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. с наибольшим (max.) и наименьшим (min.) в таксономических рядах содержанием в плодах полезных веществ

Показатель	<i>V. vitis-idaea</i> L.										<i>Oxycoccus macrocarpus</i> (Ait.) Pers.			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Сухие вещества, %			max.	min.	min.	min.	max.		max.		max.	min.	max.	
Свободные органические кислоты, %			min.	max.	min.	max.					min.	max.	min.	max.
Витамин С, мг%	min.				max.	max.				min.	min.	max.		max.
Глюкоза, %				max.					min.		min.			max.
Фруктоза, %	min.		max.		max.	max.				max.	min.			
Сахароза, %	min.		max.		max.	max.				min.	min.	max.		
Сумма растворимых сахаров, %	min.		max.		max.	max.				min.	max.	min.	max.	max.
Сахарокислотный индекс	max.			min.	min.	max.				min.	min.	max.	max.	
Гидропектин, %		max.			min.			max.	min.	max.		max.		min.
Протопектин, %								max.	min.			max.		min.
Сумма пектиновых веществ, %	max.				min.			max.	min.			max.		min.
Сумма антоциановых пигментов, мг%					min.	min.			max.			max.	min.	
Катехины, мг%					min.				max.		min.	max.		
Флавонолы, мг%	min.		max.		min.						min.		min.	max.
Сумма биофлавоноидов, мг%		max.	max.		min.				max.	min.	min.		max.	max.
Фенолкарбоновые кислоты, мг%		max.		min.								max.	min.	max.
Бензойная кислота, %					min.				min.			min.	min.	max.
Дубильные вещества, %				max.		max.						min.		max.
Лигнины, %				min.								min.	min.	max.
Жирные масла, %		max.										min.	min.	max.
Триглицериды, %			max.						min.			min.	min.	max.
N, %	min.		max.									max.	min.	
P, %											min.	max.		
K, %	min.			max.							min.	max.		
Ca, %	min.					max.					min.	max.	min.	
Mg, %	min.				max.					min.		max.	max.	max.

Примечание. Обозначения сортов: 1 – *Koralle*, 2 – *Red Pearl*, 3 – *Рубин*, 4 – *Erntedank*, 5 – *Ernteseegen*, 6 – *Erntekrone*, 7 – *Ammerland*, 8 – *Masovia*, 9 – *Sanna*, 10 – *Sussi*, 11 – *Stevens*, 12 – *Ben Lear*, 13 – *Mc Farlin*, 14 – *Pilgrim*.

К примеру, если большинство раннеспелых сортов уступали сорту *Bluetta* в накоплении в плодах витамина С на 5–19%, то основная часть среднеспелых сортов, напротив, превосходила соответствующий им эталонный сорт *Bluecrop* по данному признаку на 22–24%. Аналогичная этой картина наблюдалась и в биофлавоноидном комплексе плодов голубики для фракций антоциановых пигментов и катехинов. В обоих случаях большинство ее раннеспелых сортов уступали эталонному сорту в содержании в плодах данных соединений на 17–44 и 7–17% соответственно, тогда как основная часть среднеспелых сортов, напротив, превосходила свой эталонный объект в их накоплении на 25–86 и 5–25% соответственно. Что касается флавонолов, то наиболее выразительные различия с эталонными значениями в их содержании выявлены у среднеспелых сортов голубики, отстававших от них по данному признаку на 9–14%, тогда как большинство раннеспелых сортов характеризовались сходными с сортом *Bluetta* параметрами накопления в плодах данных соединений.

Противоположная направленность различий с районированными сортами у ранне- и среднеспелых сортов *V. corymbosum* L. установлена также для параметров накопления в плодах фенолкарбоновых и бензойной кислот, дубильных веществ и лигнинов. Если большинство ранних сортов характеризовались более высоким, чем у сорта *Bluetta*, содержанием в плодах указанных кислот и танинов – на 6–20, 4–11 и 7–32% соответственно, то практически все среднеспелые сорта превосходили сорт *Bluecrop* в их накоплении на 5–19, 17–21 и 4–11% соответственно. Степень же лигнификации тканей плодов большинства раннеспелых сортов голубики, напротив, оказалась на 14–20% ниже, чем у эталонного сорта, тогда как у среднеспелых сортов – на 8–12% выше. Расхождения тестируемых таксонов голубики с эталонными сортами в макроэлементном составе плодов оказались не столь выразительными, как в содержании рассмотренных выше соединений.

Для параметров накопления большинства исследуемых соединений в плодах интродуцированных сортов *V. vitis-idaea* L. выявлено заметное превышение эталонных значений, имевшее, как правило, общий характер для всех тестируемых таксонов данного вида. Так, большинство из них отличались от сорта *Koralle* достоверно более высокими параметрами накопления в плодах сухих веществ (на 4–8%), свободных органических кислот (на 6–42%), витамина С (на 6–72%), растворимых сахаров (на 6–12%), биофлавоноидов (на 15–48%), фенолкарбоновых, бензойной и тритерпеновых кислот (на 4–32, 5–31 и 4–26% соответственно), дубильных веществ (на 15–85%), растительных липидов (на 8–19%), а также всех макроэлементов. Вместе с тем для подавляющего большинства тестируемых таксонов *V. vitis-idaea* L. было отмечено отставание от эталонного сорта на 5–18% в общем содержании в плодах пектиновых веществ и на 8–24% – в содержании лигнинов. Показано, что при более активном, чем у сорта *Koralle*, накоплении в их плодах растворимых сахаров, более высокое содержание у большинства из них свободных органических кислот обуслови-

ло ухудшение их органолептических свойств, что подтверждалось более низкими значениями сахарокислотного индекса плодов.

Для сортового ряда *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers., представленного всего тремя тестируемыми объектами, в характере различий с эталонным сортом *Stevens* в содержании в плодах большинства полезных веществ также была выявлена определенная общность тенденций, заключающаяся в превышении эталонного уровня накопления свободных органических, аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот на 8–14, 18–32 и 5–8% соответственно, растворимых сахаров – на 14–18%, пектиновых веществ – на 8–13%, антоциановых пигментов – на 14–22%, катехинов – на 18–20%, дубильных веществ – на 5–8%, жирных масел и тритерпеновых кислот – на 4–14 и 7–16% соответственно, а в комплексе макроэлементов – фосфора и магния (на 23 и 12% соответственно). Вместе с тем для части компонентов биохимического состава плодов тестируемых сортов клюквы крупноплодной – содержания в них сухих веществ, сахарозы, флавонолов, бензойной кислоты, лигнинов, азота и кальция, напротив, было показано достоверное отставание от эталонных значений. При этом одновременная активизация у тестируемых таксонов клюквы биосинтеза в плодах растворимых сахаров и свободных органических кислот по сравнению с эталонным сортом обусловила сопоставимость значений их сахарокислотного индекса, указывающую на сходство органолептических свойств.

Для выявления таксонов вересковых, наиболее перспективных для практического использования по показателям качества ягодной продукции, нами предложен оригинальный методический подход, позволивший интегрировать в конечном результате ответ растений на комплексное влияние биотических и абиотических факторов. Логическая основа этого подхода предполагала ежегодное сравнение 26 количественных показателей биохимического состава плодов тестируемых сортов каждого вида с таковыми районированных сортов, принятых в качестве эталонов сравнения. На основании сопоставления усредненных в многолетнем цикле данных о количестве, относительных размерах, амплитуде и соотношениях разноориентированных статистически достоверных различий с последними была определена последовательность исследуемых таксонов в рядах снижения их контрастности с эталонными объектами в содержании в плодах определявшегося набора полезных веществ, а также в рядах снижения степени их преимуществ в качестве ягодной продукции.

Анализ данных рядов показал, что среди таксонов *V. corymbosum* L. наиболее выразительные различия с эталонными объектами в содержании в плодах полезных веществ установлены у сортов *Earliblue*, *Puru*, *Spartan* и *Jersey*, наименьшие – у сортов *Reka*, *Northblue* и *Toro*. При этом абсолютное большинство тестируемых таксонов *V. corymbosum* L. в разной степени превосходило соответствующие их группам скороспелости эталонные сорта *Bluetta*, *Bluecrop* и *Elizabeth* в содержании в плодах определявшихся соединений. Наблюдавшееся у большинства сортов превышение относительных размеров положительных различий с эталонными объектами в биохимическом составе плодов по

сравнению с таковыми отрицательных позволяет считать их весьма перспективными для практического использования, при приоритетном значении сортов *Reka*, *Northblue*, *Duke*, *Weymouth*, *Jersey*, *Northland*, *Patriot* и *Coville*. Наименее же привлекательными в этом плане были признаны сорта *Earliblue*, *Puru* и *Toro*.

Среди таксонов *V. vitis-idaea* L. наиболее выразительные различия с эталонным сортом *Koralle* в содержании в плодах полезных веществ установлены у сортов *Рубин*, *Sanna* и *Red Pearl*, наименее выразительные – у сортов *Erntesegen* и особенно *Sussi*. При этом все тестируемые таксоны брусники обыкновенной с разным отрывом превосходили районированный сорт *Koralle* по совокупности преимуществ в биохимическом составе плодов, что позволяет их считать весьма перспективными для практического использования по данному признаку, при лидирующем положении сортов *Рубин*, *Red Pearl* и *Masovia*. Наименее же привлекательными в этом плане представляются сорта *Sussi* и *Erntesegen*.

Все тестируемые сорта *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. со значительным отрывом и в разной степени превосходили районированный сорт *Stevens* по содержанию в плодах полезных веществ, при лидирующем положении сорта *Pilgrim* и наименее выраженных преимуществах у сорта *Ben Lear*. Преваляирование позитивных отклонений от эталонного уровня параметров накопления в их плодах большинства определявшихся соединений позволяет считать исследуемые сорта клюквы весьма перспективными для практического использования, но приоритет в этом плане остается за сортами *Pilgrim* и *McFarlin*.

На основании сравнения усредненных в четырехлетнем цикле наблюдений уровней вариабельности анализируемых признаков в пределах таксономических рядов исследуемых видов сем. *Ericaceae* определены внутри- и межвидовые различия степени генетической детерминированности количественных характеристик биохимического состава их плодов [6], показавшие, что наименее выраженные генотипические (сортовые) различия у *V. corymbosum* L. характерны для содержания в плодах фруктозы и суммарного количества растворимых сахаров, флавонолов и общего количества биофлавоноидов, содержания бензойной и тритерпеновых кислот, а также большинства макроэлементов, тогда как наиболее выраженные – для содержания в них титруемых кислот, витамина С, сахарозы, отдельных фракций и общего количества антоциановых пигментов, значений сахарокислотного индекса плодов, а также для ряда соотношений – содержания моноз, фракций пектиновых веществ и фракций биофлавоноидов.

Наименее выраженные генотипические различия у *V. vitis-idaea* L. установлены для содержания в плодах сухих веществ, макроэлементов, глюкозы и общего количества растворимых сахаров, содержания пектиновых веществ, в первую очередь гидропектина, тогда как наиболее выраженные – для содержания в них биофлавоноидов, в том числе обеих фракций антоциановых пигментов и катехинов, витамина С, дубильных веществ, соотношений фракций

пектиновых веществ и биофлавоноидов, а также значений сахарокислотного индекса плодов.

Наименее выраженные генотипические различия у *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. установлены для содержания в плодах сухих веществ, азота, калия, кальция, растворимых сахаров, биофлавоноидов, в том числе флавонолов, фенолкарбоновых кислот, дубильных веществ и растительных липидов, тогда как наиболее значительные – для содержания в них сахарозы и соотношений фракций растворимых сахаров, гидропектина и соотношения фракций пектиновых веществ, отдельных фракций и общего количества антоциановых пигментов, а также катехинов и его соотношения с таковым флавонолов.

Вместе с тем для ряда характеристик биохимического состава плодов исследуемых видов вересковых выявлено сходство уровней генотипической изменчивости. Так, независимо от видовой принадлежности интродуцентов, наименее выразительными в сортовых рядах оказались сортовые различия в общем содержании в плодах растворимых сахаров, флавонолов, калия, кальция и магния; у *V. corymbosum* L. и *V. vitis-idaea* L. – в содержании фруктозы; у *V. corymbosum* L. и *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. – в общем количестве биофлавоноидов; у *V. vitis-idaea* L. и *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. – в содержании азота, фосфора, сухих и пектиновых веществ. Средней степенью изменчивости у всех видов были отмечены лишь параметры накопления в плодах бензойной кислоты и лигнинов; у *V. corymbosum* L. и *V. vitis-idaea* L. – таковые протопектина и тритерпеновых кислот; у *V. corymbosum* L. и *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. – содержание гидропектина и катехинов; у *V. vitis-idaea* L. и *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. – **соотношения моноз и фракций пектиновых веществ**, а также показатель сахарокислотного индекса плодов. При этом наиболее существенные генотипические различия у всех исследуемых видов вересковых были установлены для параметров накопления в плодах собственно антоцианов, у *V. corymbosum* L. и *V. vitis-idaea* L. – для содержания в них витамина С, лейкоантоцианов и общего количества антоциановых пигментов, а также для соотношения содержания флавонолов и катехинов; у *V. corymbosum* L. и *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. – **для содержания сахарозы и отношения к ней содержания моноз**.

На основании сравнения уровней изменчивости в многолетнем цикле наблюдений количественных характеристик биохимического состава плодов исследуемых таксонов вересковых определены внутри- и межвидовые различия степени их зависимости от гидротермического режима сезона [2]. Установлено, что у *V. corymbosum* L. наименьшей степенью данной зависимости отличаются параметры накопления в плодах сухих и пектиновых веществ, лигнинов, бензойной кислоты и макроэлементов, за исключением калия, флавонолов и биофлавоноидов в целом, тогда как наибольшей – содержание в них свободных органических кислот, фруктозы, сахарозы, дубильных веществ, отдельных фракций и общее количество антоциановых пигментов, а также значения са-

харокислотного индекса плодов и соотношения в них количеств флавонолов и катехинов, моноз и дисахарида.

У *V. vitis-idaea* L. **наименее выразительные межсезонные различия, указывающие на слабую степень зависимости от погодных факторов, установлены для содержания в плодах сухих веществ, растворимых сахаров, в том числе глюкозы, обеих фракций пектиновых веществ, лигнинов, жирных масел и тритерпеновых кислот, азота, фосфора и кальция, тогда как наиболее выразительные – для содержания в них витамина С, бензойной кислоты, дубильных веществ, сахарозы, антоциановых пигментов, катехинов и их соотношения с флавонолами, а также соотношения моноз и дисахарида.**

Наименьшая степень зависимости от абиотических факторов у *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. установлена для содержания в плодах сухих веществ, витамина С, пектиновых веществ, в том числе гидропектина, лигнинов и всех макроэлементов, тогда как наибольшая – для содержания в них фруктозы, дубильных веществ, антоциановых пигментов, катехинов и флавонолов, а также для показателя сахарокислотного индекса и соотношений фракций растворимых сахаров.

Вместе с тем был обозначен ряд показателей биохимического состава плодов, обладавших наименьшим и соответственно наибольшим уровнями изменчивости в многолетнем цикле наблюдений, либо у всех, либо у пары видов сем. *Ericaceae*. Так, у всех видов интродуцентов наименьший уровень подобной изменчивости, свидетельствующий о слабой зависимости от внешних воздействий, установлен для параметров накопления в плодах сухих и пектиновых веществ, лигнинов, азота, фосфора и кальция, тогда как наибольший – для содержания в них дубильных веществ, флавонолов, катехинов и антоциановых пигментов, в том числе собственно антоцианов, а также соотношений фракций растворимых сахаров. Общий характер для *V. corymbosum* L. и *V. vitis-idaea* L. **имел высокий уровень изменчивости в многолетнем ряду содержания в плодах сахарозы и лейкоантоцианов, тогда как для *V. corymbosum* L. и *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. – низкий уровень подобной изменчивости для содержания в плодах магния и высокий – для содержания в них фруктозы и показателя сахарокислотного индекса. Общим для *V. vitis-idaea* L. и *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. явился низкий уровень изменчивости содержания в плодах гидропектина и высокий – содержания в них катехинов.**

На основании сравнения в сортовых рядах интродуцентов средневзвешенных для совокупности анализируемых признаков значений коэффициентов вариации, дающих интегральное представление о степени их изменчивости в многолетнем цикле наблюдений, выявлены таксоны, обладающие наибольшей и соответственно наименьшей устойчивостью биохимического состава плодов в целом к абиотическим факторам. Установлено, что раннеспелые сорта *V. corymbosum* L., особенно *Reka*, *Puru* и *Nui*, обнаружили более высокую, чем позднеспелые и большинство среднеспелых сортов, общую устойчивость биохимического состава плодов к гидротермическому режиму сезона. Наиме-

нее же устойчивыми в этом плане в группе ранних сортов голубики оказались сорта *Spartan* и *Northblue*. Среди среднеспелых сортов голубики высокорослой наибольшей стабильностью биохимического состава плодов в многолетнем цикле наблюдений характеризовались сорта *Bluecrop* и *Patriot*, наименьшей – сорта *Northland*, *Toro* и *Jersey*.

В сортовом ряду *V. vitis-idaea* L. наибольшей устойчивостью биохимического состава плодов к абиотическим факторам отмечены сорта *Рубин*, *Koralle* и *Sussi*, тогда как наименьшей, причем одинаковой, – сорта *Erntekrone*, *Erntesege*n и *Masovia*.

Среди таксонов *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. наибольшей стабильностью биохимического состава плодов в многолетнем цикле наблюдений характеризовался сорт *Ben Lear*, тогда как наименьшей – сорт *Stevens*.

При этом среди видов сем. *Ericaceae* наиболее выраженная устойчивость биохимического состава плодов к комплексному воздействию абиотических факторов установлена у *V. vitis-idaea* L., наименьшая – у *V. corymbosum* L.

На основе сравнительного исследования степеней влияния биотического и абиотических факторов на изменчивость 32 количественных характеристик биохимического состава плодов исследуемых таксонов сем. *Ericaceae* в многолетнем цикле наблюдений установлено преобладание влияния на нее генотипа в 24% случаев, тогда как внешних воздействий – в 76% случаев, при частичном совпадении выявленных эффектов у исследуемых видов интродуцентов [5]. При этом проявление более выраженной зависимости от генотипа, нежели от абиотических факторов, у *V. corymbosum* L. установлено для содержания в плодах сухих и пектиновых веществ, витамина С, лигнинов, свободных органических, бензойной и фенолкарбоновых кислот; у *V. vitis-idaea* L. – для содержания в плодах свободных органических кислот, глюкозы, пектиновых и дубильных веществ, лигнинов, азота, антоциановых пигментов и общего количества биофлавоноидов; у *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers – для содержания в плодах фосфора, витамина С, сахарозы, гидропектина и собственно антоцианов.

Подводя итоги сравнительной оценки биохимического состава плодов 30 интродуцированных в условиях Беларуси сортов трех видов сем. *Ericaceae* по 32 показателям в четырехлетнем цикле наблюдений, следует заключить, что из 16 сортов *V. corymbosum* L. (*Bluetta*, *Northblue*, *Weymouth*, *Duke*, *Reka*, *Earliblue*, *Spartan*, *Puru*, *Nui*, *Bluecrop*, *Northland*, *Patriot*, *Toro*, *Jersey*, *Elizabeth* и *Coville*) наиболее перспективными для практического использования по содержанию в плодах полезных веществ представляются сорта *Reka*, *Northblue*, *Duke*, *Weymouth*, *Jersey*, *Northland*, *Patriot* и *Coville*, наименее перспективными – сорта *Earliblue*, *Puru* и *Toro*, при промежуточном положении сортов *Bluetta*, *Spartan*, *Nui*, *Bluecrop* и *Elizabeth*. При этом наибольшей устойчивостью биохимического состава плодов в целом к комплексному воздействию абиотических факторов отмечены сорта *Reka*, *Puru*, *Nui*, *Bluecrop* и *Patriot*, наименьшей – сорта *Spartan*, *Northblue*, *Northland*, *Toro* и *Jersey*. Таким обра-

зом, два наиболее перспективных сорта – *Reka* и *Patriot* – наряду с высоким уровнем питательной и витаминной ценности плодов обладали также повышенной устойчивостью их биохимического состава к гидротермическому режиму вегетационного периода.

Среди 10 сортов *V. vitis-idaea* L. (*Koralle*, *Red Pearl*, *Рубин*, *Erntedank*, *Erntesege*, *Erntekrone*, *Ammerland*, *Masovia*, *Sanna*, *Sussi*) наиболее высоким содержанием в плодах полезных веществ характеризовались *Рубин*, *Red Pearl* и *Masovia*, наименьшим – *Koralle*, *Sussi* и *Erntesege*, при промежуточном положении сортов *Erntedank*, *Erntekrone*, *Ammerland* и *Sanna*. При этом наиболее выраженной устойчивостью биохимического состава плодов в целом к комплексному воздействию абиотических факторов отмечены сорта *Рубин*, *Koralle* и *Sussi*, наименьшей – сорта *Erntekrone*, *Erntesege* и *Masovia*. Таким образом, лишь для одного из наиболее перспективных для практического использования по уровню питательной и витаминной ценности плодов сорта *Рубин* была показана также повышенная устойчивость биохимического состава к гидротермическому режиму вегетационного периода.

Среди четырех таксонов *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. – *Stevens*, *Ben Lear*, *McFarlin*, *Pilgrim* – наиболее высоким содержанием в плодах полезных веществ характеризовались сорта *McFarlin* и *Pilgrim*, наименьшим – районированный сорт *Stevens*, при промежуточном положении сорта *Ben Lear*. Вместе с тем наибольшей стабильностью биохимического состава плодов в многолетнем цикле наблюдений обладал сорт *Ben Lear*, наименьшей – сорт *Stevens*. Лидирующие в сортовом ряду по уровню питательной и витаминной ценности плодов сорта *McFarlin* и *Pilgrim* занимали в этом плане промежуточное положение.

На основании результатов этих исследований были изданы и внедрены в системе Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь два вида методических рекомендаций по совершенствованию сортиментов голубики высокорослой и брусники обыкновенной на основе культивирования сортов с высоким содержанием полезных веществ в ягодной продукции [3, 4].

Проведение комплексной оценки биохимического состава плодов *V. corymbosum* L., *V. vitis-idaea* L. и *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. по столь широкому набору показателей в многолетнем цикле наблюдений позволило провести исследование взаимозависимости его отдельных компонентов с определением силы и направления выявленных между ними парных корреляционных связей [7]. В результате были выявлены показатели, обладающие максимальным количеством наиболее сильных связей с другими показателями, что послужило основанием для использования их в качестве своеобразных «индикаторов», которые, в зависимости от направления связи, можно использовать для прогнозирования возможных изменений в содержании в плодах тех или иных тесно связанных с ними полезных веществ. Это позволило бы существенно сократить объемы дорогостоящих аналитических работ при определении качества ягодной продукции исследуемых видов вересковых.

Установлено, что из более чем 350 статистических связей на долю наиболее сильных положительных связей с абсолютными значениями коэффициента корреляции  $r > 0,70$  в плодах *V. corymbosum* L. приходилось 73, или 20,8%; в плодах *V. vitis-idaea* L. – 76, или 21,7%, в плодах *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. – 65, или 18,5%, тогда как на долю аналогичных отрицательных связей – соответственно 65, или 18,5%; 58, или 16,5%, и 37, или 10,6%. При этом в структуре корреляционных связей наименьшим долевым участием наиболее тесных из них отличалась клюква крупноплодная, при примерно одинаковом их участии у голубики высокорослой и брусники обыкновенной. В подавляющем большинстве случаев наиболее тесные связи между анализируемыми признаками носили индивидуальный для каждого вида характер, что свидетельствовало об их выраженной видоспецифичности, и лишь для незначительной части из них (примерно по 18%) отмечено их совпадение у двух либо трех видов вересковых. При этом наибольшим и примерно одинаковым числом совпадений отмечены положительные корреляционные связи в плодах голубики и клюквы, а также брусники и клюквы, тогда как отрицательные связи – в плодах голубики и брусники, а также брусники и клюквы. Наличие данной общности, скорее всего, обусловлено сходством тенденций во взаимопревращениях химических соединений в обменных процессах при созревании плодов этих видов. При этом абсолютное количество тесных отрицательных связей, имеющих общий характер для всех либо двух исследуемых видов, оказалось в 1,4 раза меньшим, чем положительных.

Вместе с тем при анализе индивидуальных для каждого исследуемого вида взаимозависимостей компонентов биохимического состава плодов было установлено наличие у каждого анализируемого показателя от 0 до 8 сильных связей с другими показателями. Это позволило, используя признаки с наибольшим количеством связей, обозначить своего рода признаки-«индикаторы», с помощью которых становилось возможным прогнозирование предполагаемых изменений связанных с ними признаков. Определив аналитическим путем содержание в плодах перечисленных соединений в интересующий нас конкретный сезон и ориентируясь на усредненные в многолетнем цикле наблюдений (2006–2009 гг.) показатели биохимического состава плодов участвовавших в биохимическом скрининге таксонов вересковых, используемых в качестве эталонных значений, приведенные в монографии [7], можно установить основные тенденции в изменении содержания в них данных соединений, обозначенных в качестве признаков-«индикаторов». При этом направленность данных изменений будет совпадать с таковой признаков-«индикаторов» при наличии с ними положительной корреляционной связи и будет противоположной по знаку при наличии отрицательной связи.

У *V. corymbosum* L. к наиболее информативным признакам-«индикаторам», характеризваемым наибольшим числом сильных положительных корреляционных связей, следовало отнести параметры накопления в плодах титруемых кислот (7 связей), фруктозы (8), гидропектина (6) и протопектина (7). К наи-

более информативным признакам-«индикаторам», характеризующимся наибольшим числом сильных отрицательных корреляционных связей, можно отнести содержание катехинов (7) и значения сахарокислотного индекса (8).

У *Vaccinium vitis-idaea* L. к наиболее информативным признакам-«индикаторам», характеризующимся наибольшим числом сильных положительных корреляционных связей, отнесены параметры накопления в плодах свободных органических кислот (8 связей), гидропектина (7), сухих веществ (7), витамина С (6) и глюкозы (6). К признакам-«индикаторам» с наибольшим количеством тесных отрицательных связей с другими признаками в плодах *Vaccinium vitis-idaea* L. были отнесены содержание сухих веществ (4) и титруемых кислот (5).

У *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers., характеризовавшейся значительно меньшим, чем у двух предыдущих видов вересковых, количеством тесных корреляционных связей, к наиболее информативным признакам-«индикаторам», обладающим наибольшим числом сильных положительных связей, следовало отнести содержание в плодах фруктозы (7 связей), сахарозы (6) и общее количество растворимых сахаров (6), а также признаки, имеющие по 5 подобных связей – параметры накопления в них витамина С, собственно антоцианов и значения сахарокислотного индекса. К признакам-«индикаторам», обладающим наибольшим количеством тесных отрицательных связей с другими признаками в плодах *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers., следовало отнести содержание гидропектина (5) и глюкозы (4).

Показана возможность прогнозирования у всех видов вересковых предполагаемых изменений в содержании в плодах ряда веществ с помощью разных признаков-«индикаторов», что создает дополнительные возможности для получения наиболее объективной картины данных изменений.

На основании результатов ежемесячного исследования с мая по сентябрь структуры парных корреляционных связей между 27 показателями биохимического состава плодов *V. corymbosum* L., *V. vitis-idaea* L. и *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. и некоторыми характеристиками гидротермического режима сезона – средней температурой воздуха, количеством атмосферных осадков, гидротермическим коэффициентом, а также суммой температур выше 0, 5, 10 и 15 °С, выявлены характеристики, наиболее значимые для прогнозирования возможных изменений в содержании в плодах тех или иных соединений [7].

Установлено, что из 729 статистических связей, выявленных для каждого исследуемого вида, на долю наиболее сильных ( $r > 0,70$ ) приходилось от 22,9% в плодах *V. corymbosum* L. до 26,6% в плодах *V. vitis-idaea* L. Остальная их часть характеризовалась средней, умеренной, слабой и очень слабой силой. При этом в подавляющем большинстве случаев наиболее тесные связи между анализируемыми признаками носили индивидуальный для каждого вида характер, и лишь для незначительной их части (18,3%) отмечено совпадение у двух либо у трех видов вересковых, указывающее на сходство их от-

ветной реакции на изменение того или иного гидротермического параметра. При этом наибольшим количеством совпадений отмечены корреляционные связи в плодах брусники и клюквы (45, или 8,2%), тогда как наименьшим (7, или 1,3%) – в плодах голубики и клюквы, при промежуточном, причем одинаковом количестве совпадений (по 24, или по 4,4%) в плодах голубики и брусники, а также в плодах всех трех видов.

На основании анализа сезонных изменений сильных корреляционных связей между показателями биохимического состава плодов интродуцентов и характеристиками гидротермического режима сезона выявлены доминирующие факторы и обозначены наиболее значимые сроки их воздействия на темпы накопления в плодах наибольшего количества полезных веществ.

Показано, что при практически одинаковом у видов сем. *Ericaceae* количестве выявленных за вегетационный период сильных прямых и обратных корреляционных связей со среднемесячной температурой воздуха (37–38 связей), наибольшее их число у *V. corymbosum* L. приходилось на май–июль, у *Vaccinium vitis-idaea* L – на август, у *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. – на июль, что указывало на приоритетное значение данного температурного фактора в формировании биохимического состава их плодов именно в эти сроки. Наименьшее же влияние среднемесячной температуры воздуха на накопление полезных веществ в плодах всех видов вересковых отмечено в сентябре. При этом в мае и сентябре установлена наиболее выраженная зависимость их биохимического состава от суммы температур выше 5 °С, в сентябре – выше 10 °С, в мае – выше 15 °С. Для двух последних градаций температуры наиболее выразительно данная зависимость проявилась в плодах голубики и клюквы. В наименьшей степени сезонные различия в уровне данной зависимости обозначились для суммы температур выше 0 °С.

При общем количестве выявленных за вегетационный период у исследуемых видов тесных связей между содержанием в плодах полезных веществ и количеством атмосферных осадков (от 30 у голубики до 35 и 37 у брусники и клюквы), наибольшее их число у первой из них приходилось на июль и сентябрь, тогда как у вторых – на август.

Показана возможность прогнозирования у всех видов вересковых предполагаемых изменений в темпах накопления в плодах отдельных соединений, в зависимости от изменения соответствующих характеристик гидротермического режима в период формирования их биохимического состава.

Подводя итоги многолетних комплексных исследований качества плодов 30 таксонов трех видов сем. *Ericaceae*, можно заключить, что в условиях интродукции в Белорусском регионе все они характеризовались весьма высокими параметрами накопления широкого набора полезных веществ, что указывает на их значительную питательную и витаминную ценность и свидетельствует о целесообразности широкомасштабного культивирования наиболее перспективных сортов на территории нашей страны.