

Обзорные статьи

УДК 631.52:633.854.54(-17)

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНА ГОМОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ АДАПТИВНОСТИ КУЛЬТУРНОГО ЛЬНА *LINUM USITATISSIMUM* L. К ПРИПОЛЯРНЫМ И АЛЬПИЙСКИМ УСЛОВИЯМ (ОБЗОР)

В.М. Лукомец, академик РАН,
доктор сельскохозяйственных наук
С.В. Зеленцов,
доктор сельскохозяйственных наук
Л.Г. Рябенко,
кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ВНИИМК
Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17
Тел.: (861) 274-63-11
E-mail: vniimk-soy@yandex.ru

Ключевые слова: развитие северных территорий, развитие Арктики, приполярное земледелие, холодоустойчивые культуры, лён масличный, *Linum usitatissimum*, лён многолетний, *Linum perenne*, закон гомологических рядов.

Для цитирования: Лукомец В.М., Зеленцов С.В., Рябенко Л.Г. Применение закона гомологических рядов при определении потенциальной адаптивности культурного льна *Linum usitatis-simum* L. к приполярным и альпийским условиям // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2015. – № 1 (161). – С. 121–132.

В настоящее время возрастает роль Арктики в экономическом развитии России. Свой вклад в развитие региона за счёт продвижения в приполярные области холодоустойчивых яровых культур с коротким вегетационным периодом может внести аграрный сектор российской науки. Наиболее пригодной для продвижения в субарктические и высокогорные области масличной культурой является лён обыкновенный *Linum usitatissimum* L. В европейской части России ареал культурного льна уже достигает субарктических широт 62–66°. Дальнейшее продвижение льна на север и в альпийские зоны сдерживается рядом факторов, прежде всего наличием холодного арктического и высокогорного климата и отсутствием источников высокой холодоустойчивости. Задача поиска

форм льна обыкновенного, адаптированных к субарктическим и альпийским условиям, может быть решена путём изучения гомологического параллелизма с родственными дикорастущими видами из рода *Linum* по адаптивности к арктическому климату. Дикорастущий вид – лён многолетний *L. perenne* L. – по многим качественным и количественным признакам имеет параллельные гомологические ряды со льном обыкновенным. Обнаружение в субарктическом и арктическом регионах, а также в альпийском поясе России растений *L. perenne* позволяет предположить наличие гомологичных признаков адаптивности к холодному климату и в генофонде льна обыкновенного. Особи *L. perenne* обнаружены в арктических условиях низовой Оби, Енисея, Лены и Индигирки, а также в горах Полярного и Среднего Урала, в Якутии и на Алтае. Вегетирующие растения культурного льна обнаружены в окрестностях Воркуты (67° с. ш.) и Тикси (71° с. ш.). Их обнаружение в тех же условиях, где произрастают северные популяции льна многолетнего *L. perenne*, подтверждает наличие гомологического параллелизма между этими видами по адаптивности к арктическим и высокогорным условиям и определяет потенциальную возможность селекции адаптивных к северным условиям сортов культурного льна.

UDC 631.52:633.854.54(-17)

Using the law of homologous series in determining the potential of cultivated flax *Linum usitatissimum* L. adaptability in subarctic and mountain conditions.

V.M. Lukomets, academician RAS, doctor of agriculture
S.V. Zelentsov, doctor of agriculture
L.G. Ryabenko, candidate of agriculture

FGBNU VNIIMK
17, Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia
Tel.: (861) 274-63-11
vniimk-soy@yandex.ru

Key words: development of Arctic, cold crops, oil flax, *Linum usitatissimum*, *Linum perenne*, law of homologous series.

The role of the Arctic in the economic development of Russia is growing at the moment. The agrarian sector of the Russian science can contribute to the development of this region by promotion of cold-spring crops with a short growing season to the polar areas. Flax *Linum usitatissimum* L. is the most suitable oil crop for advance in the subarctic region. The area of cultivated flax in the European part of Russia has already reached subarctic latitudes of 62–66°. Further advance of flax to North and alpine zones constrained by a number of factors, notably the presence of cold Arctic and mountain climate and the lack of germplasm sources of high cold hardiness. The task of finding of flax samples, adapted to the subarctic-

tic and alpine conditions can be solved by studying homologous overlap with related wild species of the genus *Linum* L. on adaptability to the Arctic climate. Wild species – blue flax *L. perenne* L. has parallel homologous series with common flax on many qualitative and quantitative traits. Detection *L. perenne* plants in the subarctic and arctic regions, as well as in alpine zone of Russia also suggests the presence of homologous traits of adaptability to the cold climate within gene pool of common flax. Plants of *L. perenne* were found in the arctic conditions of the lower reaches of the Ob River, Yenisey River, Lena and Indigirka Rivers, as well as in mountains of Polar and Middle Urals, Yakutia and Altai. Vegetating plants of common flax were found in the vicinity of Vorkuta (67° N) and Tiksi (71° N). Detection of that samples in the same environment conditions, where northern populations of blue flax *L. perenne* are grown, confirms the presence of homologous overlap between these species for adaptation to Arctic and mountain conditions and determines the potential for adaptive selection of common flax varieties to the northern conditions.

Российская Арктика – особый регион, составляющий более 30 % всей территории Российской Федерации, практически не освоенный аграрным сектором российской науки [20]. В среднесрочной перспективе возможно продвижение в приполярные и приравненные к ним по степени суровости климата высокогорные регионы прежде всего наиболее холодоустойчивых яровых культур с коротким вегетационным периодом. Однако продвижение полевого растениеводства в субарктические и арктические области России серьёзно сдерживается наличием целого ряда складывающихся в этих зонах негативных эколого-климатических факторов.

Ключевой сдерживающий фактор – невысокие, даже в летний период, температуры приземного воздуха. Высокая вероятность заморозков в течение всего короткого полярного лета увеличивает риск морозобойных повреждений вегетирующих растений и репродуктивных органов. Дополнительным фактором является наличие вечной мерзлоты. В при-

полярных условиях за летний период достаточно прогревается лишь самый верхний слой почвы, что предопределяет формирование корневых систем растений только в поверхностных слоях почвы.

Низкие температуры и повышенная влажность приполярного воздуха снижают интенсивность испарения воды с поверхности почвы, что вызывает обширное заболачивание приполярных территорий. Высокая широтность арктических областей предопределяет очень продолжительный фотопериод, непосредственно перед и после летнего солнцестояния за Полярным Кругом переходящий в круглосуточный полярный день. При этом большинство культурных растений адаптированы к более коротким фотопериодам. Интродукция сортов и гибридов культурных растений с южных широт в условия длинного приполярного дня, безусловно, приведёт к заметным морфологическим и фенологическим изменениям в фенотипах большинства растений.

Подобные климатические ограничения в ресурсах тепла также сдерживают развитие высокогорного земледелия в зоне субальпийских и альпийских лугов. Только в отличие от распространённого в высокоширотных арктических областях избытка воды в почвах, высокогорные условия, как правило, характеризуются интенсивным иссушением почв в летний период. Это предопределяет адаптацию культурных растений в сторону ксерофитности. Кроме этого, пригодные для земледелия горные районы могут быть расположены на умеренных широтах с более короткими длинами дня.

Тем не менее, несмотря на очевидную климатическую непригодность субарктических и арктических областей к полевому растениеводству, на протяжении нескольких веков не прекращались попытки выращивания там культурных растений. История российского приполярного земледелия берёт своё начало ещё в XVI веке, когда в низовьях Оби на приполярных широтах 64–66° были предпри-

няты попытки сельскохозяйственного освоения территорий. В настоящее время приполярная аграрная отрасль представлена в основном картофелеводством, зелеными культурами и овощеводством защищённого грунта [16].

Культурный лён – *Linum usitatissimum* L., из-за пониженных требований к температурным условиям произрастания и укороченного вегетационного периода является одним из наиболее пригодных, среди остальных масличных культур, видом для продвижения в субарктические и высокогорные области. В настоящее время эта культура вполне успешно может возделываться в самой северной зоне существующего полевого земледелия. В частности, в европейской части России ареал распространения культурного льна достигает субарктических широт 62–63° в Архангельской области, и 65–66° в Карелии [1; 23]. Обычно в этой зоне встречается лён-долгунец, однако поскольку долгунцовые и масличные формы льна принадлежат к одному виду – *L. usitatissimum*, то возделывание в этих же широтах масличных сортов льна также возможно. На Среднем Урале на базе ФБГНУ Уральский НИИСХ (г. Екатеринбург) проведены убедительные научные исследования, свидетельствующие о климатической возможности промышленного возделывания масличного льна в этой зоне на широтах до 56–58° [9; 10]. В Западной Сибири северные границы возделывания культурного льна достигают таёжной зоны Омской области и лесостепной зоны Приобья в Томской области на широтах 55–57° [21].

Результативная селекция долгунцовых и масличных сортов культурного льна длительное время ведётся в целом ряде селекционных учреждений в европейской и азиатской части Российской Федерации. Выведенные в этих учреждениях высокопродуктивные сорта этой культуры занимают основные площади в стране. Однако продвижение промышленных посевов льна в более северные и высокогорные

регионы, помимо суровости климата, сдерживается ещё несколькими факторами. Среди них: почти полное отсутствие растениеводческой инфраструктуры, включая дефицит пригодных для полевого земледелия земель, отсутствие полеводческих хозяйств с необходимым штатом работников и шлейфом сельскохозяйственной техники, удалённость от пунктов приёма, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. Важным сдерживающим фактором также является фактическое отсутствие очень ранних сортов с высокой холодоустойчивостью, способных успешно развиваться в условиях пониженных летних температур, а также способных без ущерба переносить весьма вероятные летние заморозки.

В некоторых случаях проблема подбора сортов сельскохозяйственных растений с необходимыми адаптационными свойствами для субарктической или высокогорных зон может решаться их селекцией непосредственно в регионе потенциального промышленного возделывания культуры. Например, в Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства и торфа (ФГБНУ СИБНИИСХиТ), г. Томск, была создана целая серия раннеспелых и ультраскороспелых сортов льна-долгунца, адаптированных к суровому бореальному климату Томской области. В Иране оценка плодовых культур на повышенную морозоустойчивость ведётся на селекционной станции, земельные угодья которой расположены в альпийском поясе североиранского горного массива Эльбурс на высотах 2500–3000 м над уровнем моря. Однако чаще всего селекционные учреждения, из соображений максимальной эффективности, изначально создавались в регионах, где культуры, по которым ведётся селекция, занимают достаточно большие площади, а само сельскохозяйственное производство из-за более мягкого климата более надёжно, стабильно и рентабельно.

Поэтому в большинстве случаев проблема подбора сортов льна, пригодных

для возделывания в северных или высокогорных областях, решается интродукцией наиболее ранних сортов из более тёплых регионов с их последующим экологическим испытанием в зоне потенциального возделывания. Причём в подавляющем большинстве случаев при выведении этих сортов дополнительный отбор на повышенную холодо- и заморозкоустойчивость, в силу отсутствия подобных климатических условий в зоне расположения учреждения-оригинатора, не ведётся. В результате на экологические испытания в регионы с коротким и прохладным летним периодом поступают сорта, преимущественно отобранные только по признакам повышенной урожайности и раннеспелости. При этом подбор среди них наиболее адаптированного к субарктическим или высокогорным условиям сорта вынужденно осуществляется из скудного набора поступивших на испытание сортов с неизвестным «запасом прочности» по признакам холодо- и заморозкоустойчивости.

Повышение эффективности и результативности отбора наиболее адаптированных к холодному климату сортов льна может быть осуществлено путём развёртывания селекции непосредственно в субарктической или альпийской зонах. В качестве альтернативы может быть использована целенаправленная селекция на повышенную холодоустойчивость в уже существующих селекционных учреждениях путём имитации субарктических и высокогорных условий. В частности, во Всероссийском научно-исследовательском институте масличных культур (ФГБНУ ВНИИМК), г. Краснодар, с целью выведения сортов сои с повышенной холодо- и заморозкоустойчивостью, в холодильных камерах проводится оценка исходного селекционного материала сои на выживаемость при отрицательных (до минус 5 °С) температурах воздуха с последующей проверкой выделившихся по этим признакам образцов в полевых условиях подзимних (октябрь) и ранневесенних (март) посевов [7; 12]. В целом же, основными

признаками отбора на адаптивность к холодному климату, помимо урожайности, являются скороспелость сорта и повышенная холодоустойчивость. При этом если селекция на скороспелость, как правило, не вызывает каких-либо трудностей, то результативность выведения холодоустойчивых линий и сортов полностью зависит от наличия в доступном для селекционера генофонде очень редких источников или доноров этого признака.

Как правило, сортообразцы с признаками повышенной холодоустойчивости изначально выделяются при лабораторном или полевом тестировании в низкотемпературных условиях, либо приобретаются в других селекционных учреждениях. Однако в подавляющем числе случаев такие признаки могут обеспечить устойчивость к низким положительным или отрицательным температурам только в точке выделения и оценки этого признака. Например, признак холодоустойчивости льна, выявленный при экологическом испытании сортов или коллекционных сортообразцов на северной границе полевого земледелия, будет гарантированно обеспечивать устойчивость к холодному стрессору только в аналогичных или близких по динамике температур климатических условиях. При этом интродукция таких сортов в более северные или высокогорные области с ещё более низкими температурами в течение всего периода вегетации уже не будет гарантировать достаточную холодоустойчивость растений.

В обратной ситуации, если выведенный в холодных условиях сорт льна будет интродуцирован в более южные регионы, то в более мягких по температурным минимумам климатических условиях такой сорт вполне может стать лучшим источником признака высокой холодоустойчивости. Поэтому для селекции сортов масличного льна для субарктических или высокогорных условий желательно использовать исходный селекционный ма-

териал, адаптированный к ещё более суровым климатическим условиям.

В настоящее время посевы культурного льна на Крайнем Севере и в горном альпийском поясе полностью отсутствуют, поэтому выполнять прямую оценку и отбор исходного материала для селекции адаптированных к таким условиям сортов льна пока негде. Более того, до сих пор неясно, можно ли вообще обнаружить в имеющихся коллекционных и селекционных генофондах льна адаптивные комплексы генов, способные обеспечить успешное развитие растений и формирование репродуктивных органов у этих культур в суровых условиях субарктического и высокогорного климатов.

Одним из подходов к решению проблемы может быть использование положений закона гомологических рядов Н.И. Вавилова. Согласно этому закону, генетически близкие виды и роды характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других видов и родов [3].

В связи с этим представляется перспективным прямой экспедиционный поиск в субарктической и арктической зонах, а также в альпийском поясе близкородственных культурному виду дикорастущих видов из рода *Linum* L. При невозможности организации прямых экспедиций и сбора дикорастущих источников адаптивности к арктическому и высокогорному климатам возможен детальный анализ флористических материалов ранее уже проведённых экспедиций по описанию субарктической, арктической и альпийской флоры. Такой анализ позволит выявить факты обнаружения и географическую локализацию в арктической и высокогорной зонах дикорастущих видов, родственных культурному льну.

Предковой дикорастущей формой льна обыкновенного *L. usitatissimum* ($2n=30$) всеми систематиками признан вид – лён двулетний *L. bienne* Mill. (син.: = лён узко-

лиственный – *L. angustifolium* L.). Между этими видами имеется наиболее полный параллелизм в гомологических рядах изменчивости по большинству морфологических и физиологических признаков [4; 6; 22; 29]. Поэтому обнаружение растений льна двулетнего, выживающих в субарктической и арктической областях России, а также в альпийском поясе обеспечивало бы наиболее высокую вероятность обнаружения форм культурного льна с аналогичными свойствами. Однако лён двулетний описан только для Средиземноморья, Западной Европы, включая Великобританию и Ирландию, но полностью отсутствует в азиатской части Евразии.

В XIV томе Флоры СССР, изданном в 1949 г., из 45 описанных для территории СССР дикорастущих видов льна, семь видов обнаружены в Западной Сибири, и три вида – в Восточной Сибири. Во всех случаях флористические находки этих льнов были сделаны в верховьях рек Тобол, Обь, Иртыш и Енисей в южной части Сибири. В этих же климатических зонах встречаются и промышленные посевы культурного льна [23]. После ревизии видового состава в роде *Linum*, в изданной в конце XX века Флоре Сибири было описано всего девять дикорастущих видов льна, произрастающих в различных регионах Западной и Восточной Сибири [19]. Одним из наиболее распространённых в бореальной флоре Сибири дикорастущих видов льна был и остаётся лён многолетний – *L. perenne* L., с диплоидным набором хромосом $2n=18$.

Первичным центром происхождения льна многолетнего считается Средиземноморье. Однако высокая пластичность и адаптивность позволили этому виду распространиться практически по всей Евразии и Северной Африке, а в качестве заносного растения – и в Северной Америке, и сформировать в различных эколого-географических условиях целую серию экологических разновидностей, некоторыми систематиками даже выделяемых в отдельные виды. Так, большинством современных систематиков синонимами

L. perenne в ранге подвидов (subsp.) и разновидностей (var.) признаются ранее описанные в качестве самостоятельных видов: лён сибирский – *L. sibiricum* DC.; лён северный – *L. boreale* Juz.; лён Комарова – *L. komarovii* Juz.; лён альпийский – *L. alpinum* Jacq.; лён алтайский – *L. altaicum* Ledeb. ex Juz.; лён байкальский – *L. baicalense* Juz.; лён таймырский – *L. taymirensis* Peschkova; лён Льюиса – *L. lewissii* Pursh. [2; 13; 19; 24; 30].

Примерно такой же ареал распространения, как и лён многолетний, имеет и полиморфный лён обыкновенный *L. usitatissimum*, в северной части Евразии представленный, преимущественно, долгунцовыми формами, в центральной части – в форме льнов-межеумков и льнов-кудряшей, а в южной части Евразии и на севере Африки – в форме льнов-кудряшей и стелющихся дикорастущих разновидностей [6; 22; 29].

Оба вида льна – лён обыкновенный и лён многолетний, помимо практически параллельной адаптации к различным эколого-географическим зонам, также имеют параллельные гомологические ряды по целому ряду качественных и количественных признаков. В частности, у этих видов существует почти полный параллелизм по окраске венчика цветка: от белой до бледно-голубой и фиолетовой (за исключением не обнаруженной у льна многолетнего розовой окраски цветка). Также между генофондами льна многолетнего и льна однолетнего существует гомологический параллелизм по типу растений: от ветвистых стелющихся до одностебельных прямостоячих и высокорослых форм [15; 25; 27; 28] (рис. 1 и 2).

При анализе флоры Якутии, территория которой практически полностью расположена в зоне вечной мерзлоты, было обнаружено описание флористических находок льна многолетнего. В Якутии этот вид льна встречается на пойменных лугах, опушках сосновых лесов, песчаных склонах и по берегам рек во всех районах региона, включая арктические [13].



Рисунок 1 – Параллелизм гомологической изменчивости окраски венчика цветка у льна многолетнего *L. perenne* ssp. и льна обыкновенного *L. usitatissimum* (ориг., цит. по: [15])

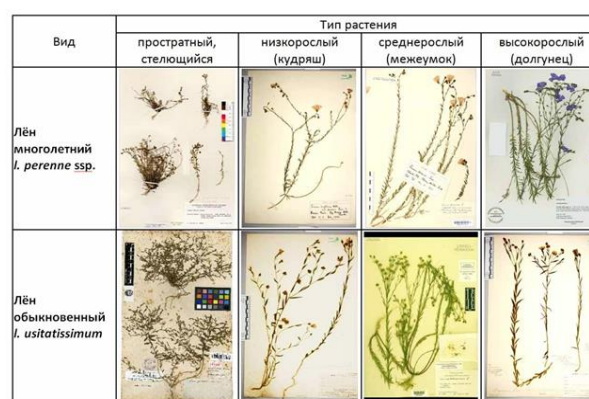


Рисунок 2 – Параллелизм гомологической изменчивости типов растений у льна многолетнего *L. perenne* ssp. и льна обыкновенного *L. usitatissimum* (гербарные образцы представлены по: [25; 27; 28])

Северные разновидности *L. perenne* в форме *L. perenne* var. *boreale* (Juz.) Scrg. (= *L. taymirensis*) обнаружены на Полярном Урале (66–67° с. ш.), в низовьях рек Оби (Салехард, 66° с. ш.), Енисея (Дудинка, 69° с. ш.; Хатанга, 72° с. ш.), Лены и Индигирки (68–70° с. ш.) [2; 14; 17; 19]. В большинстве случаев растения льна многолетнего в субарктической и арктической зонах России обнаруживали в лугово-кустарниковых сообществах тундр и лесотундр по берегам и поймам рек (рис. 3).

В горных условиях разновидности льна многолетнего под синонимичными названиями *L. altaicum*, *L. sibiricum* и *L. boreale* обнаруживали в альпийском поя-

се Полярного Урала (г. Рай-Из и Степ-Рузь), Среднего Урала (г. Конжаковский Камень), в Якутии (г. Кизилях) и на Алтае [2; 15; 19].



Рисунок 3 – Цветущее растение льна многолетнего (= льна северного) – *L. perenne* var. *boreale* (= *L. boreale* = *L. taimyrense*), тип растения – низкорослый (кудряш), берег р. Котуй, 72° с. ш., 110° в. д., Государственный биосферный заповедник «Таймырский» (цит. по: [14])

Североамериканский подвид льна многолетнего – *L. perenne* L. subsp. *lewisii* (Pursh.) Nulten (= лён Льюиса – *L. lewisii*), также отличается высокой холодоустойчивостью и успешно произрастает в арктической зоне США (Аляска) и Канады (Юкон, Северо-Западные территории, Нинавут, Канадский арктический архипелаг, о. Виктория) на широтах 66–72° с. ш. [26] (рис. 4).

Все описанные в арктической зоне, а также в альпийском поясе Евразии и Северной Америки подвиды и разновидности льна многолетнего представляют собой многолетние, одиночные или многостебельные, средне- или густо-облиственные растения высотой 10–80 см с одревесневшим корнем, выдерживающие многомесячное промерзание на всю глубину залегания. Цветки одиночные или многоцветковые 1,4–3,0 см в диаметре, на



Рисунок 4 – Цветущее растение североамериканского подвида льна многолетнего – *L. perenne* subsp. *lewisii* (= *L. lewisii*), тип растения – среднерослый (межеумок), прибрежная тундра о. Виктории, 71° с. ш., 113° з. д., Канадский Арктический архипелаг (цит. по: [26])

прямых тонких цветоножках. Окраска венчика цветка от бледно-голубой до тёмно-синей. Коробочки с семенами яйцевидные, 3–8 мм длиной (рис. 5).

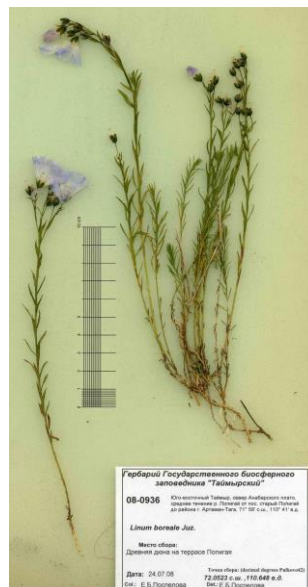


Рисунок 5 – Гербарный образец северной разновидности льна многолетнего (льна северного) – *L. perenne* var. *boreale* (= *L. boreale*), тип растения – низкорослый (кудряш), берег р. Попигай, 72° с. ш., 110° в. д., Государственный биосферный заповедник «Таймырский» (цит. по: [14])

Практически все арктические представители вида *L. perenne* отличаются адаптивностью к очень длинной продолжительности дня, включая круглосуточный полярный день. Поэтому переход к репродуктивной стадии развития и началу цветения, в зависимости сроков таяния снега и динамики роста температур воздуха и почвы, у таких растений может начинаться уже II–III декадах июня и, как правило, продолжается до наступления августовских холодов. Сформировавшиеся из зацветших в июне–июле цветков коробочки успевают полностью вызреть и раскрыться, разбросав вокруг материнских растений семена. Из-за высокой прочности и устойчивости лубяных волокон стеблей льна к излому и распаду, на одном и том же растении среди зелёных побегов текущего года формирования нередко сохраняются отмершие прошлогодние побеги с пустыми раскрытыми коробочками [2; 13; 14; 19; 24].

Варьирование морфологических признаков у различных представителей вида *L. perenne* в арктической зоне и в высокогорном альпийском поясе определяется ботаническими особенностями различных разновидностей и наличием у локальных популяций накопленных специфических мутаций. В частности, воздействие избыточно длинного дня, как средового стрессора, на увеличение частоты генетических рекомбинаций нами уже было обнаружено и описано на масляных формах культурного льна [8]. Можно предположить, что в рамках гомологического параллелизма подобные явления вполне могут происходить и в субарктических популяциях различных подвидов и разновидностей льна многолетнего *L. perenne* ssp. на фоне полярного дня.

Вполне очевидно, что широкая модификационная изменчивость морфологических признаков у приполярных и горных популяций льна многолетнего в значительной степени определяется особенностями погодно-климатических условий в период вегетации в различных эколого-географических зонах, а также различным плодородием и кислотностью почв.

Таким образом, высокая средовая адаптивность подвидов и разновидностей

полиморфного вида *L. perenne* к альпийским, субарктическим и арктическим условиям Евразии и Северной Америки имеет высокую теоретическую и практическую значимость для прогнозирования и выявления возможного параллелизма гомологических рядов с культурным льном по степени холодоустойчивости.

Первые документальные подтверждения наличия гомологического параллелизма по признакам холодоустойчивости и общей адаптивности к арктическим условиям между льном многолетним и льном обыкновенным были обнаружены нами в монографии Е.В. Дорогостайской «Сорные растения Крайнего Севера» [5]. Отдельные вегетирующие растения культурного вида *L. usitatissimum* были описаны автором в посевах овса на арктическом побережье моря Лаптевых в окрестностях Тикси на широте 71°. По всей вероятности, семена льна были занесены в эту зону из южных регионов с партией семян овса. Неизвестно, какова была засорённость этой партии овса семенами льна и сколько всходов льна погибло из-за низких температур. Тем не менее, как минимум несколько семян успешно проросли в холодной арктической почве, взошедшие растения выдержали периодические летние заморозки. В этой же монографии упомянуты рудеральные находки растений культурного льна в Мурманской и Архангельской областях, а также на Печоре.

Вегетирующие растения культурного льна также были обнаружены в окрестностях Воркуты на широте 67° [18]. Дальнейшая судьба всех обнаруженных в Воркуте растений культурного льна также не отслеживалась, и неизвестно, успели ли они сформировать семена и естественным образом созреть.

Безусловно, все найденные растения культурного льна для Воркуты, также как и для Тикси, являются рудеральными и заносными. Тем не менее, в субарктической и арктической зонах России, практически на тех же широтах и в условиях тех же фотопериодов, где произрастают северные популяции льна многолетнего *L. perenne* ssp., были зафиксированы флористические находки культурного льна (рис. 6).

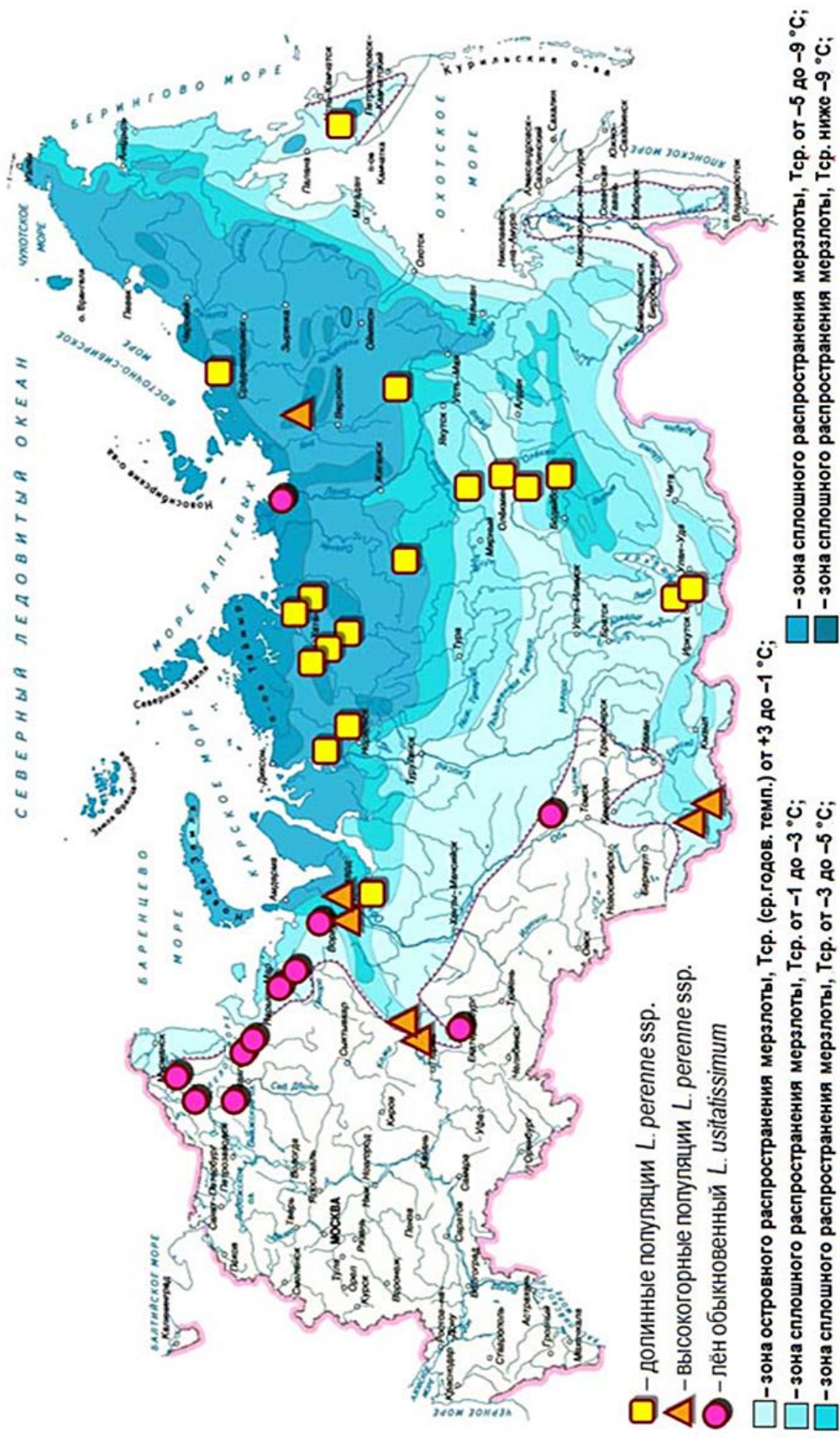


Рисунок 6 – Сводная карта некоторых мест произрастания вегетирующих растений льна многолетнего *L. regelae* ssp. и льна обыкновенного *L. usitatissimum* в субарктической, арктической и высокогорных зонах России (цит. по: [2; 5; 9; 10; 13; 14; 15; 17; 18; 19], карта распространения многолетнемерзлых грунтов на территории России приведена по [11]).

В целом подобные факты подтверждают наличие в генофонде культурного льна генных комплексов, гомологичных арктическим популяциям льна многолетнего, обеспечивающих высокую холодоустойчивость и вегетацию растений даже в заполярных арктических условиях.

Таким образом, проблема продвижения наиболее холодостойких и отличающихся коротким вегетационным периодом масличных культур на примере льна обыкновенного в субарктические, арктические и высокогорные области Российской Федерации может быть решена путём поиска гомологического параллелизма с родственными дикорастущими видами по признакам холодоустойчивости, морозоустойчивости и в целом по адаптивности к арктическим широтам и высокогорному альпийскому поясу. Обнаружение в субарктической, арктической и альпийской зонах вегетирующих представителей некоторых дикорастущих видов из рода *Linum* L. позволяет предположить наличие гомологичных признаков адаптивности к арктическому и высокогорному климату и в генофондах льна обыкновенного. Поэтому при развёртывании селекционных программ по созданию адаптивных к северным и горным условиям сортов льна масличного следует использовать исходный селекционный материал, прошедший экологическую оценку на климатическую адаптивность на тех же субарктических и арктических широтах или в условиях высокогорных субальпийских и альпийских лугов, где обнаруживались родственные культурному льну дикорастущие виды.

Безусловно, перспективы практической реализации подобных селекционных программ будут улучшаться при комплексном использовании ресурсных и климатических возможностей научно-исследовательских центров, расположенных в различных климатических условиях. В связи с этим Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта, обладающий развитой научно-селекционной базой и длительным опытом в селекции льна масличного, готов сотрудничать с

заинтересованными научно-исследовательскими учреждениями России по поиску источников повышенной холодо- и морозоустойчивости, и созданию, в перспективе, совместных сортов масличного льна, пригодных для возделывания в более суровых климатических условиях.

Список литературы

1. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: *Linum usitatissimum* L. s. str. – Лён обыкновенный, лён культурный, долгунец. – [Электронный ресурс]. URL: http://www.agroatlas.ru/content/related/Linum_usitatissimum/ (дата обращения: 9.01.2015).
2. Арктическая Флора СССР: Критический обзор сосудистых растений, встречающихся в арктических районах СССР. Семейства Geraniaceae-Scrophulariaceae / Под ред. А.И. Толмачёва и Б.А. Юрцева. – Л.: Наука, Ленинградское отд., 1980. – Вып. VIII. – С. 14–16.
3. Вавилов Н.И. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. – М.-Л.: Огиз-Сельхозгиз, 1935. – 56 с.
4. Вульф Е.В. Сем. Linaceae (DC.) Dumort. – Льновые // В сб.: Культурная флора СССР V Прядильные / Под ред. Е.В. Вульф. – М.-Л.: Гос. изд. колх. и совхозн. лит.-ры, 1940. – С. 97–108.
5. Дорогостайская Е.В. Сорные растения Крайнего Севера. – Л.: Наука, Ленингр. отд., 1972. – С. 113, 125.
6. Жуковский П.М. Культурные растения и их сородичи. Систематика, география, цитогенетика, иммунитет, экология, происхождение, использование. – Л.: Колос, 1971. – С. 414–421.
7. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В. Пути адаптации сельского хозяйства России к глобальным изменениям климата на примере экологической селекции сои. – Научный диалог. – 2012. – № 7: Естественное знание и экология. – С. 40–59.
8. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., Цаценко Л.В., Зеленцов В.С. Стрессовые условия внешней среды как причина генетических рекомбинаций у цветковых растений на примере видов сои культурной *Glycine max* (L.) Merr., сои уссурийской *G. soja* Sieb. et Zucc. и льна обыкновенного *Linum usitatissimum* L. – Научный диалог. – 2014. – № 1 (25): Естественные науки. – С. 14–29.
9. Колотов А.П. Расширение ареала возделывания льна масличного в Уральском федеральном округе // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2012. – Вып. 1 (150). – С. 96–99.
10. Колотов А.П. Соответствие биологических особенностей льна масличного почвенно-климатическим условиям Среднего Урала. – Новые и нетрадиционные растения и перспективы их

использования // Материалы X Международного симпозиума. – М.: РУДН, 2013. – Т. 1. – С. 16–18.

11. Ледники и снежники России // Государственный Доклад Минприроды России «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2007 году». – М.: НИА-Природа, 2008 – С. 99.

12. Лукомец В.М., Бочкарёв Н.И., Зеленцов С.В., Мошненко Е.В. Создание сортов сои с расширенной адаптацией к изменяющемуся климату Западного Предкавказья // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 1. – № 35. – С. 248–254.

13. Определитель высших растений Якутии / Под ред. А.И. Толмачёва. – Новосибирск: Сибирское отд. «Наука», 1974. – С. 362.

14. Поспелова Е.Б., Поспелов И.Н. *Linum boreale* Juz. – Лён северный. Флора Таймыра. Информационно-справочная система. – [Электронный ресурс]. URL: http://byrranga.ru/linaceae/linum_boreale/index.htm (дата обращения: 10.01.2015).

15. Род *Linum* // Плантариум – Определитель растений on-line. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.plantarium.ru/page/search.html?sample=Linum> (дата обращения: 10.01.2015).

16. Романенко Г.А. О вкладе учёных-аграриев в развитие Арктики и приарктических территорий. – М.: Наука, 2014. – С. 59–64.

17. Секретарёва Н.А. Сосудистые растения Российской Арктики и сопредельных территорий. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – С. 44, 92.

18. Флора северо-востока Европейской части СССР. Семейства Nymphaeaceae-Nippuridaceae / Под ред. А.И. Толмачёва. – Л.: Наука, Ленингр. отд. – Т. 3. – 1976. – С. 186.

19. Флора Сибири в 10 томах. Geraniaceae–Cornaceae / Под ред. Г.А. Пешковой. – Новосибирск: Наука, Сибирская изд. фирма РАН, 1996. – Т. 10. – С. 23–29.

20. Фортков В.Е. Предисловие к сборнику тезисов докладов на научной сессии Общего собрания членов РАН «Научно-технические проблемы освоения Арктики», 16 декабря 2014 г. – М.: Наука, 2014. – С. 3–10.

21. Чудинова Ю.В. Эколого-генетические аспекты возделывания льна в условиях Западно-Сибирского региона: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.16 / Чудинова Юлия Валерьевна [Место защиты: Новосиб. гос. аграрн. ун-т]. – Новосибирск, 2008. – 40 с.

22. Эллади Е.В. *Linum usitatissimum* (L.) consp. пов. – Лён // В сб.: Культурная флора СССР. Пряжильные / Под ред. Е.В. Вульфа. – М.-Л.: Гос. изд. колх. и совхозн. лит-ры, 1940. – Т. V. – С. 109–207.

23. Юзепчук С.В. Род 836. Лён – *Linum*. Флора СССР в 30 томах / Под ред. Б.К. Шишкина и Е.Г.

Боброва. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – Т. XIV. – С. 86–146.

24. Aiken S.G., Dallwitz M.J., Consaul L.L. [et al.]. Flora of the Canadian Arctic Archipelago – [Электронный ресурс]. URL: <http://nature.ca/aafloora/data/www/lnlile.htm> (дата обращения: 10.01.2015).

25. Linnaean Herbarium – *Linum* – The Linnaean Collections. – The Linnaean Society of London – [Электронный ресурс]. URL: <http://linnaean-online.org/view/collection/linnaean=5Fherbarium/Linum.html> (дата обращения: 19.01.2015).

26. *Linum* L. Arctic Flora of Canada and Alaska. – [Электронный ресурс]. URL: <http://arcticplants.myspecies.info/category/classification/angiosperms/eudicots/linaceae> (дата обращения: 10.01.2015).

27. *Linum* sp. – IREKANI, Instituto de Biología – UNAM, Mexico – [Электронный ресурс]. URL: <http://unibio.unam.mx/irekani/simple-search?proyecto=Irekani&query=Linum&submit=Ir> (дата обращения: 19.01.2015).

28. *Linum usitatissimum*. – Herbaria@home. – Botanical Society of Britain & Ireland. – [Электронный ресурс]. URL: <http://herbariaunited.org/taxon/4167/> (дата обращения: 19.01.2015).

29. Muir A.D., Westcott W.D. Flax: The Genus *Linum*. – Cleveland, USA, CRC Press, 2003. – 342 p.

30. Panarctic Flora. 56. Linaceae. – Natural History Museum, University of Oslo [Электронный ресурс]. URL: <http://nhm2.uio.no/paf/56> (дата обращения: 10.01.2015).

References

1. Agroekologicheskii atlas Rossii i sopredel'nykh stran: *Linum usitatissimum* L. s. str. – Len obyknovennyi, len kul'turnyi, dolgunets. – [Elektronnyi resurs]. URL: http://www.agroatlas.ru/content/related/Linum_usitatissimum/ (data obrashcheniya: 9.01.2015).

2. Arkticheskaya Flora SSSR: Kriticheskii obzor sosudistyykh rastenii, vstrechayushchikhsya v arkticheskikh raionakh SSSR. Semeistva Geraniaceae-Scrophulariaceae / Pod. red. A.I. Tolmacheva i B.A. Yurtseva. – L.: Nauka, Leningradskoe otd., 1980. – Vyp. VIII. – S. 14–16.

3. Vavilov N.I. Zakon gomologicheskikh ryadov v nasledstvennoi izmenchivosti. – M.-L.: Ogiz-Sel'khozgiz, 1935. – 56 s.

4. Vul'f E.V. Sem. Linaceae (DC.) Dumort. – L'novye // V sb.: Kul'turnaya flora SSSR V Pryadil'nye / Pod red. E.V. Vul'f. – M.-L.: Gos. izd. kolkh. i sovkhozn. lit-ry, 1940. – S. 97–108.

5. Dorogostaiskaya E.V. Sornye rasteniya Krainego Severa. – L.: Nauka, Leningr. otd., 1972. – S. 113, 125.

6. Zhukovskii P.M. Kul'turnye rasteniya i ikh sorodichi. Sistematika, geografiya, tsitogenetika,

immunitet, ekologiya, proiskhozhdenie, ispol'zovanie. – L.: Kolos, 1971. – S. 414–421.

7. Zelentsov S.V., Moshnenko E.V. Puti adaptatsii sel'skogo khozyaistva Rossii k global'nym izmeneniyam klimata na primere ekologicheskoi selektsii soi // Nauchnyi dialog. – 2012. – № 7: Estestvoznaniye i ekologiya. – S. 40–59.

8. Zelentsov S.V., Moshnenko E.V., Tsatsenko L.V., Zelentsov V.S. Stressovye usloviya vneshnei sredy kak prichina geneticheskikh rekombinatsii u tsvetkovykh rastenii na primere vidov soi kul'turnoi *Glycine max* (L.) Merr., soi ussuriiskoi *G. soja* Sieb. et Zucc. i l'na obyknovennogo *Linum usitatissimum* L. // Nauchnyi dialog. – 2014. – № 1 (25): Estestvennye nauki. – S. 14–29.

9. Kolotov A.P. Rasshirenie areala vzdelyvaniya l'na maslichnogo v Ural'skom federal'nom okruge // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2012. – Vyp. 1 (150). – S. 96–99.

10. Kolotov A.P. Sootvetstvie biologicheskikh osobennosti l'na maslichnogo pochvenno-klimaticheskim usloviyam Srednego Urala. – Novye i netraditsionnye rasteniya i perspektivy ikh ispol'zovaniya // Materialy Kh Mezhdunarodnogo simpoziuma. – M.: RUDN, 2013. – T. 1. – S. 16–18.

11. Ledniki i snezhniki Rossii // Gosudarstvennyi Doklad Minprirody Rossii «O sostoyanii i ispol'zovanii vodnykh resursov Rossiiskoi Federatsii v 2007 godu». – M.: NIA-Priroda, 2008. – S. 99.

12. Lukomets V.M., Bochkarev N.I., Zelentsov S.V., Moshnenko E.V. Sozdanie sortov soi s rasshirennoi adaptatsiei k izmenyayushchemusya klimatu Zapadnogo Predkavkaz'ya // Trudy KubGAU. – 2012. – T. 1. – № 35. – S. 248–254.

13. Opredelitel' vysshikh rastenii Yakutii / Pod red. A.I. Tolmacheva. – Novosibirsk: Sibirskoe otd. «Nauka», 1974. – S. 362.

14. Pospelova E.B., Pospelov I.N. *Linum boreale* Juz. – Len severnyi. Flora Taimyra. – [Elektronnyi resurs]: Informatsionno-spravochnaya sistema. – URL: http://byrranga.ru/linaceae/linum_boreale/index.htm (data obrashcheniya: 10.01.2015).

15. Rod *Linum* // Plantarium – Opredelitel' rastenii on-line. – [Elektronnyi resurs]. – URL: <http://www.plantarium.ru/page/search.html?sample=Linum> (data obrashcheniya: 10.01.2015).

16. Romanenko G.A. O vklade uchenykh-agrariyev v razvitie Arktiki i priarkticheskikh territorii. – M.: Nauka, 2014. – S. 59–64.

17. Sekretareva N.A. Sosudistye rasteniya Rossiiskoi Arktiki i sopredel'nykh territorii. – M.: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2004. – S. 44, 92.

18. Flora severo-vostoka Evropeiskoi chasti SSSR. Semeistva Nymphaeaceae-Hippuridaceae /

Pod red. A.I. Tolmacheva. – L.: Nauka, Leningr. otd. – T. 3. – 1976. – S. 186.

19. Flora Sibiri v 10 tomakh. Geraniaceae–Cornaceae / Pod red. G.A. Peshkovoii. – Novosibirsk: Nauka, Sibirskaya izd. firma RAN, 1996. – T. 10. – S. 23–29.

20. Fortov V.E. Predislovie k sborniku tezisov dokladov na nauchnoi sessii Obshchego sobraniya chlenov RAN «Nauchno-tehnicheskie problemy osvoeniya Arktiki», 16 dekabrya 2014 g. – M.: Nauka, 2014. – S. 3–10.

21. Chudinova Yu.V. Ekologo-geneticheskie aspekty vzdelyvaniya l'na v usloviyakh Zapadno-Sibirskogo regiona: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk: 03.00.16 / Chudinova Yuliya Valer'evna [Mesto zashchity: Novosib. gos. agrarn. un-t]. – Novosibirsk, 2008. – 40 s.

22. Elladi E.V. *Linum usitatissimum* (L.) consp. nov. – Len // V sb.: Kul'turnaya flora SSSR. Pryadil'nye / Pod red. E.V. Vul'fa. – M.-L.: Gos. izd. kolkh. i sovkhozn. lit-ry, 1940. – T. V. – S. 109–207.

23. Yuzepchuk S.V. Rod 836. Len – *Linum*. Flora SSSR v 30 tomakh / Pod red. B.K. Shishkina i E.G. Bobrova. – M.-L.: Izd-vo AN SSSR, 1949. – T. XIV. – S. 86–146.

24. Aiken S.G., Dallwitz M.J., Consaul L.L. [et al.]. Flora of the Canadian Arctic Archipelago – [Elektronnyi resurs]. URL: <http://nature.ca/aafloora/data/www/Inlile.htm> (data obrashcheniya: 10.01.2015).

25. Linnaean Herbarium – *Linum* – The Linnaean Collections. – The Linnaean Society of London – [Elektronnyi resurs]. URL: <http://linnaean-online.org/view/collection/linnaean=5Fher-barium/Linum.html> (data obrashcheniya: 19.01.2015).

26. *Linum* L. Arctic Flora of Canada and Alaska. – [Elektronnyi resurs]. URL: <http://arcticplants.myspecies.info/category/classification/angiosperms/udicots/linaceae> (data obrashcheniya: 10.01.2015).

27. *Linum* sp. – IREKANI, Instituto de Biología – UNAM, Mexico – [Elektronnyi resurs]. URL: <http://unibio.unam.mx/irekani/simple-search?proyecto=Irekani&query=Linum&submit=Ir> (data obrashcheniya: 19.01.2015).

28. *Linum usitatissimum*. – Herbaria@home. – Botanical Society of Britain & Ireland. – [Elektronnyi resurs]. URL: <http://herbariaunited.org/tax-on/4167/> (data obrashcheniya: 19.01.2015).

29. Muir A.D., Westcott W.D. Flax: The Genus *Linum*. – Cleveland, USA, CRC Press, 2003. – 342 p.

30. Panarctic Flora. 56. Linaceae. – Natural History Museum, University of Oslo [Elektronnyi resurs]. URL: <http://nhm2.uio.no/paf/56> (data obrashcheniya: 10.01.2015).