

# ЛАНДШАФТНАЯ АРХИТЕКТУРА И ДИЗАЙН

## ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ НА ТРАДИЦИОННЫХ СКАНДИНАВСКИХ ЗЕЛЕНых КРЫШАХ

А.Б. Бубнова<sup>1</sup>, И.А. Мельничук<sup>1</sup>,  
М.Е. Игнатъева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический  
университет им. С.М. Кирова  
*Институтский пер., 5, Санкт-Петербург, Россия, 194021*

<sup>2</sup>Шведский университет сельскохозяйственных наук  
*Ульс Ваг, 28В, Уппсала, Швеция, 75007*

Проведенный анализ растительных сообществ традиционных скандинавских зеленых крыш, созданных по одинаковой технологии, с использованием дерна естественного происхождения, позволил выявить динамику изменения видового состава растений при отсутствии интенсивного ухода. Рекомендован ассортимент растений для создания устойчивого растительного сообщества из местных видов для озеленения крыш.

**Ключевые слова:** зеленая крыша, дерновая крыша, устойчивость, биоразнообразие.

**Введение.** В настоящее время во всем мире возрастает интерес к озеленению крыш. Существуют разные технологии, позволяющие использовать большое разнообразие видов растений, но, не смотря на это, ввиду низкой стоимости и простоты эксплуатации, сегодня отдается предпочтение именно монокультурным зеленым крышам на тонком слое субстрата. Однако такие крыши имеют ряд недостатков по сравнению с зелеными крышами, на которых используются разнообразные местные виды.

При сооружении любого типа зеленой крыши решаются следующие задачи:

- 1) создание устойчивого растительного сообщества, сохраняющего жизнеспособность в экстремальных условиях;
- 2) низкие затраты на устройство;
- 3) низкая периодичность и технологическая простота мероприятий по уходу.

Наиболее распространенные во многих странах зеленые крыши создаются с использованием исключительно растений рода *Sedum L.* Эти крыши выполняют свои функции, но выглядят одинаково в городах разных континентов, будь то Нью-Йорк, Ванкувер, Лондон, Новозеландский Окленд или Москва. Они не несут

идентичности, обладают низким биоразнообразием и не соответствуют по видовому составу и внешнему виду индигенным (местным) растительным сообществам [8; 9].

В современном мире при создании объектов ландшафтной архитектуры все больше внимания уделяется так называемому «духу местности», который невозможно создать без использования местных видов растений. Если зеленая крыша представляет собой образец местной флоры, она может нести образовательную функцию и стать уникальным городским местообитанием — биотопом, привлекательным для аборигенной фауны [2; 3].

Исследования показывают, что интродуценты часто менее устойчивы, чем местные виды, так же, как и монокультурные посадки, по сравнению с растительными сообществами с большим видовым разнообразием [16].

Зеленая крыша, как любая живая система, изменчива. В зависимости от особенностей микроклимата растительное сообщество зеленой крыши изменяется в своем составе и состоянии. В определенных условиях освещения и увлажнения некоторые виды начинают доминировать. Если же растительное сообщество испытывает разного рода стресс (иссушение) и становится неустойчивым, на крыше появляются прогалины и поселяются рудеральные виды растений [4]. Поэтому предметом нашего изучения стали особенности изменения растительных сообществ дерновых скатных крыш, существующих более 20 лет.

**Цель нашего исследования** — разработать рекомендации по подбору ассортимента местных растений для зеленых крыш, которые бы обладали устойчивостью, низкими затратами на создание и уход.

**Задачи исследования.**

1. Определить изменения видового состава растительных сообществ, вызванные процессом сукцессии на крышах, созданных с использованием местных видов.

2. Установить эколого-фитоценологические группы видов, преобладающих на различных этапах существования растительного сообщества на крыше.

3. Определить ведущие факторы, влияющие на процессы сукцессии растительных сообществ на крышах.

4. Разработать ассортимент многовидовых растительных сообществ на экстенсивных крышах для условий Санкт-Петербурга.

**Объекты исследования.** Объектами исследования были выбрано 11 дерновых крыш, созданных по одинаковой технологии на исторических постройках, находящихся в музеях Гамла Уппсала в г. Уппсала и Скансен в г. Стокгольм, Швеция. Torvtak (в переводе со шведского — дерновая крыша) — это традиционный скандинавский тип крыш, при устройстве которых широкие листы бересты в несколько слоев укладывались на скатную крышу из досок. Дерн, нарезаемый в естественных местообитаниях, на лугах и опушках, укладывался непосредственно на бересту в два слоя. В современном исполнении технология дополняется гидроизоляционной пленкой [10]. Дерновые крыши отличаются большим разнообразием видов растений, характерных для луговых и опушечных сообществ.

Общая площадь обследованных крыш составила 1156 м<sup>2</sup>. Все крыши — двускатные, с уклоном от 25 до 45%, ориентированными север и юг или запад и восток. Глубина субстрата варьировала от 15 до 20 см. В таблице приведена краткая характеристика объектов.

Таблица

**Характеристика объектов исследования**

№	Ориентация скатов	Уклон ската, %	Глубина субстрата, см	Высота здания, м	Площадь крыши, м <sup>2</sup>	Год создания
1.	Север-Юг	30	20	6	120	70-е
2.	Север-Юг	25	20	8	105	90-е
3.	Запад-Восток	30	15	2,5	42	90-е
4.	Север-Юг	30	15	8; 5; 6	215	90-е
5.	Север-Юг	30	15	4	170	90-е
6.	Запад-Восток	30	15	8	180	90-е
7.	Запад-Восток	30	20	4	55	70-е
8.	Запад	30	20	5	39	90-е
9.	Запад-Восток	30	15	8	68	90-е
10.	Север-Юг	25	20	6	42	2010
11.	Запад-Восток	45	15—20	5	20	2005, 2012, 2013

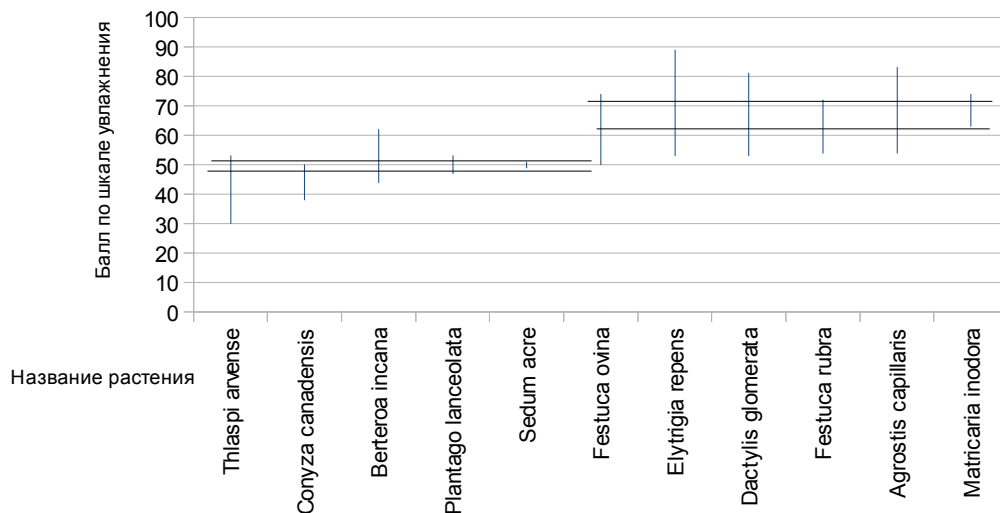
Исследованные крыши были созданы в 70-х и 90-х гг., две из них были реконструированы в течение трех последних лет. За все время эксплуатации крыш, даже после крайне засушливых вегетативных сезонов, полив, удобрение или подсев не применялись. И, несмотря на это, растительный покров сохранился, суммарное проективное покрытие составляет от 75 до 100%.

**Методика сбора данных.** При обследовании заполнялась специально разработанная полевая форма, где отмечались высота крыши, ее уклон, конструктивные особенности, ориентация по сторонам света, для каждого ската описывалось общее состояние, глубина субстрата, встречающиеся виды растений, а также площадь проективного покрытия каждого вида растений, произведены общая визуальная оценка и фотофиксация объектов. Сбор полевых данных производился в середине июля 2012 и 2013 г.

**Методика обработки данных.** Собранные полевые данные были введены в электронную базу данных. Для видов, отмеченных в описании крыши, по площади проективного покрытия были определены ступени богатства и засоленности, переменности увлажнения, степени аллювиальности и увлажнения по шкалам Раменского [14] Данные обрабатывались с использованием прикладного программного комплекса Голубева [6].

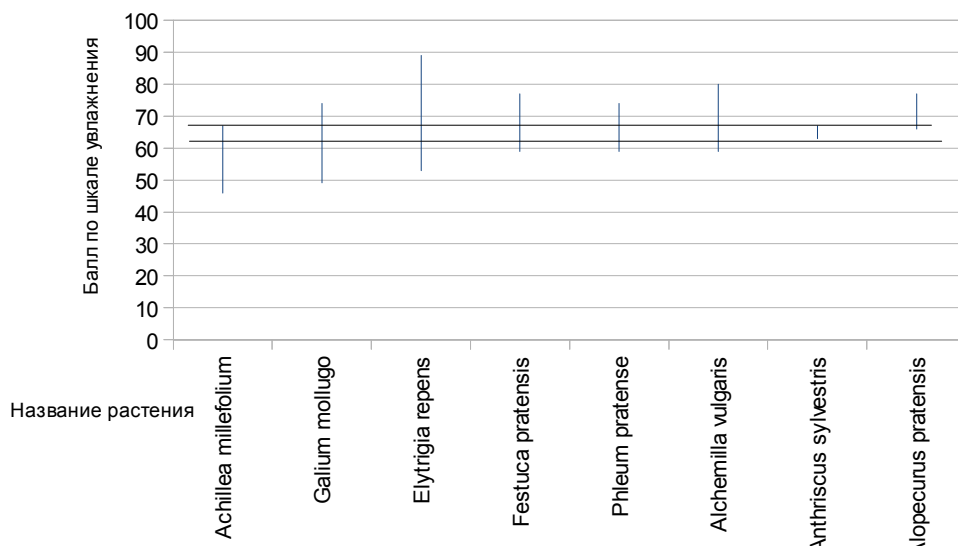
В созданной электронной базе данных для каждого описания и шкалы Раменского виды растений были распределены по возрастанию значений нижней границы амплитуды ступеней шкалы, в пределах которой данное растение может встречаться в определенном обилии в природных травостоях. Для получившегося распределения данных по шкале увлажнения были построены диаграммы. Пример диаграммы по шкале увлажнения наглядно представлен на рис. 1 и 2.

### Крыша 2



**Рис. 1.** Распределение видов растений по шкале увлажнения Раменского для крыши, созданной в 1990 г.

### Крыша 10



**Рис. 2.** Распределение видов растений по шкале увлажнения Раменского для крыши, созданной в 2010 г.

По оси ординат были отложены значения амплитуды в баллах, по оси абсцисс указаны названия видов, отсортированных по значению нижней границы амплитуды. Для каждой диаграммы были установлены пересечения интервалов амплитуд, так как это пересечение характеризует условия местообитания [11].

Для оценки флористической общности был рассчитан коэффициент Жаккара [13] для каждой комбинации пар крыш.

На основании справочных данных [12; 15] было установлено отношение видов растений к влажности, богатству почвы и свету.

**Анализ данных.** При визуальной оценке на северных скатах была отмечена более обильная растительность, чем на южных, а на крышах одноэтажных строений — более обильная, чем на двухэтажных (рис. 3 и 4).



Рис. 3. Южный скат крыши 1. Музей Скансен



Рис. 4. Северный скат крыши 1. Музей Скансен

Это можно связать с тем, что на северных скатах испарение меньше из-за меньшего попадания прямых солнечных лучей, а крыши одноэтажных строений

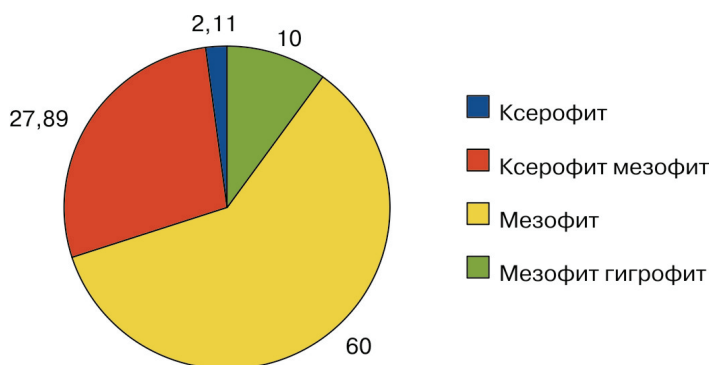
в данном случае чаще затенены деревьями и подвержены меньшей ветровой нагрузке.

По данным в 2012 г., самой высокой флористической насыщенностью обладает южный скат крыши 3 (19 видов в 2012 г. с сокращением до 10 видов в 2013 г.), в 2013 г. — западный скат крыши 8, а также северный скат крыши 2 (16 видов). На северных скатах, частично затененных кронами деревьев, отмечается увеличение видового состава при наблюдениях в 2012 и 2013 г. На южных крышах, открытых солнцу, наблюдается сокращение видового состава растительного сообщества в засушливом 2013 г. На крышах, созданных в 2010 и 2011 г., наблюдается наибольшее сокращение видового состава с 15 и 13 до 7 и 8 соответственно.

Это говорит о том, что на крышах, созданных в 2010 и 2011 г., сообщество растений оказалось неприспособленным к условиям крыши, и происходит процесс выпадения видов, которые, можно предположить (на примере старых крыши), будут замещены растениями, более приспособленными к условиям крыши. Подобный процесс происходил и на старых крышах.

Расчеты показали, что схожим составом обладают крыши построек, находящихся на открытых территориях. Заметной зависимости от ориентации ската, как предполагалось в начале исследования, не выявлено. Крыши, находящиеся в тени крон деревьев, также схожи между собой. Минимальным сходством и отсутствием сходства с остальными обследованными крышами обладали крыши возраста 2—3 лет.

Анализ по шкале увлажнения показал, что растения сообществ крыш возрастом старше 20 лет образуют две группы по отношению к влажности почвы (рис. 5). Это связано с дифференциацией условий увлажнения на разных участках крыши. В верхней части ската, как правило, задерживается меньше влаги, и здесь встречаются виды, характерные для лугово-степного и сухолугового местообитания.



**Рис. 5.** Соотношение видов растений по отношению к влажности [11; 14]

На более увлажненной части кровли развиты сообщества, характерные для влажнолугового местообитания. Наиболее ярко выражено данное явление на открытых, незатененных крышах. На крышах возраста 2—3 лет все растения относятся к одной группе, характерной для влажнолугового местообитания.

Таким образом, в процессе сукцессии участки крыши заселяются растениями, приспособленными к соответствующим условиям. Постепенно происходит заме-

щение растений первоначального сообщества, перенесенного из естественного местообитания на крышу. Следует отметить, что суккуленты, способные запасать влагу в листьях, встречаются на поверхности всего ската крыши. *Potentilla erecta*, ввиду своей способности запасать влагу в корневище, занимает наибольшую площадь на самых сухих участках кровли.

Стоит отметить, что на верхних участках крыш происходит вымывание питательных веществ стоком, здесь способны существовать только растения, нетребовательные к богатству почвы. На крышах с нарушенным растительным покровом появляются растения сорно-рудеральной группы. На крышах, находящихся под кронами деревьев, отмечены виды растений группы нитрофилов (рис. 6).

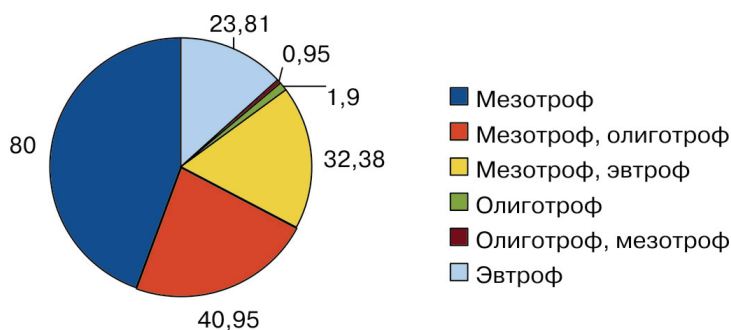


Рис. 6. Соотношение видов растений по отношению к богатству почвы [11; 14]

Видами, встречающимися в 80% описаний крыш старше 20 лет, являются *Festuca rubra* и *Potentilla erecta*. Эти виды занимают от 5 до 35% проективного покрытия в сообществе, они преобладают на открытых, не затененных крышах. Данные растения можно рекомендовать для крыш любого типа.

В 65% описаний встречаются *Sedum spurium* и *Sedum telephium*. *Sedum spurium* занимает до 80% площади проективного покрытия на южных скатах, до 35% на северных скатах открытых крыш и до 10% на затененных. *Sedum telephium* занимает до 15% на открытых и до 10% на затененных. *Rumex acetosella* встречается в 55% описаний на открытых крышах, *Elytrigia repens* встречается в 50% описаний, он занимает нижнюю часть ската крыши. *Plantago lanceolata* встречается только на открытых крышах в верхней части ската (рис. 7).

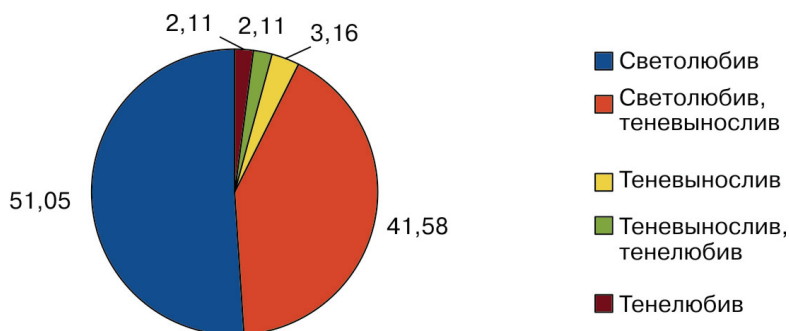


Рис. 7. Соотношение видов растений по отношению к свету [11; 14]

## **Выводы.**

1. В процессе сукцессии, вызванной сменой микроклиматических условий, водного режима, богатства почвы, происходит смена видового состава зеленой крыши. Растительное сообщество изменяется в зависимости от микроклиматических условий, формирующихся на той или иной крыше. Открытые, незатененные крыши заселяют преимущественно растения лугово-травяной группы, и группой однолетних сорняков. Затененные крыши заселяют растения лугово-травяной и сорно-судубравнотравной групп. В данном случае состав растительности на поверхности земли схож с составом на крыше.

2. Ведущими факторами процесса сукцессии растительных сообществ на скатных дерновых крышах являются:

— изменение степени увлажненности субстрата от нижней части ската к коньку,

— вымывание питательных веществ субстрата из верхней части ската к нижней,

— наличие падающей тени.

3. В результате анализа состава сформировавшихся растительных сообществ зеленых крыш можно рекомендовать следующие виды местных растений, которые могут стать основой для создания устойчивого сообщества из представителей аборигенной флоры для крыш.

Открытые, не затененные крыши, южный скат:

*Agrostis capillaris*, *Allium angulosum*, *Artemisia vulgaris*, *Berteroa incana*, *Capsella bursa-pastoris*, *Cystopteris fragilis*, *Elytrigia repens*, *Festuca ovina*, *Festuca rubra*, *Galium mollugo*, *Matricaria inodora*, *Plantago lanceolata*, *Poa compressa*, *Poa pratensis*, *Potentilla erecta*, *Rumex acetosella*, *Sedum acre*, *Sedum album*, *Sedum spurium*, *Sedum telephium*, *Sempervivum*, *Stellaria graminea*, *Thlaspi arvense*, *Trifolium arvense*, *Vicia cracca*, *Viola arvensis*.

На северном скате помимо перечисленных видов можно использовать:

*Anthriscus sylvestris*, *Chelidonium majus*, *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Polypodium vulgare*, *Symphytum asperum*, *Veronica chamaedrys*, *Vulpia spp.*

Крыши, находящиеся в частичном затенении:

*Achillea millefolium*, *Agrostis capillaris*, *Alchemilla vulgaris*, *Anthriscus sylvestris*, *Chelidonium majus*, *Dactylis glomerata*, *Dryopteris filix-mas*, *Elytrigia repens*, *Festuca pratensis*, *Festuca rubra*, *Galium mollugo*, *Geranium robertianum*, *Geum urbanum*, *Glechoma hederacea*, *Hypericum perforatum*, *Lamium album*, *Leucanthemum vulgare*, *Plantago lanceolata*, *Poa nemoralis*, *Poa pratensis*, *Potentilla erecta*, *Primula veris*, *Ranunculus repens*, *Rumex acetosella*, *Sedum acre*, *Sedum spurium*, *Sedum telephium*, *Stellaria graminea*, *Trifolium repens*, *Verbascum thapsus*, *Vicia cracca*.

## **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] *Blent K.* Materialhörnan — Torvtak — material och teknik / Karin Blent // *Byggnadskultur*. — 2000. — № 4. — С. 42—43.
- [2] *Brenneisen S.* Space for urban wildlife: Designing green roofs as habitats in Switzerland // *Urban Habitats*. — 2006. — 4. — P. 27—36. URL: [www.urbanhabitats.org/v04n01/index.html](http://www.urbanhabitats.org/v04n01/index.html).



- [3] *Coffman R.R., Davis G.* Insect and avian fauna presence on the Ford assembly plant ecoroof. — Paper presented at the Third Annual Greening, 2005.
- [4] *Grime J.P.* Plant Strategies, Vegetation Processes and Ecosystem Properties. — 2001.
- [5] *Hidemark O.* Se renoveras torp och gerdar, Ove Hidemark, Elisabet Stavenow-Hidemark, Göran Söderström, Axel Unnerbäck, Västerås: ICA bokförlag, 1992.
- [6] PhytoSoft: программный комплекс для обработки геоботанических данных. URL: <http://labfranep.com/projects/19>.
- [7] Swedish Meteorological and Hydrological Institute. База данных метеорологических наблюдений. URL: <http://www.smhi.se/klimatdata>.
- [8] Бубнова А.Б., Мельничук И.А., Игнатьева М.Е. Сообщества рода седум (*Sedum L.*) в озеленении эксплуатируемых кровель, их использование и динамика изменений // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Агрономия и животноводство». — 2012. — № 5. — С. 5—12.
- [9] Игнатьева М.Е. Сады старого и нового мира. Путешествия ландшафтного архитектора. — СПб.: Искусство-СПб, 2011.
- [10] Интервью с менеджером музея Скансен Marianne Strandin 2 мая 2013 г.
- [11] Ипатов В.С., Кирикова Л.А. Фитоценология. — СПб.: Изд-во С-Петербургского ун-та, 1997.
- [12] Нейштадт М.И. Определитель растений средней полосы европейской части СССР. — М.: Учпедгиз, 1954.
- [13] Нешатаев В.Ю., Егоров А.А. Разнообразие растительного покрова и его мониторинг. Учебное пособие. — СПб.: СПбГЛТА, 2006.
- [14] Раменский Л.Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. — М.: Сельхозгиз, 1956.
- [15] Рычин Ю.В. Сорные растения. Определитель. — М.: Учпедгиз, 1952.
- [16] Федоров А.А. Жизнь растений / Под ред. А.Л. Тахтаджяна, главный редактор чл.-кор. АН СССР, проф. А.А. Федоров. В 6 т. — М.: Просвещение, 1974.

## DYNAMICS OF PLANT COMMUNITIES ON TRADITIONAL SCANDINAVIAN GREEN ROOFS

A.B. Bubnova<sup>1</sup>, I.A. Melnichuk<sup>1</sup>,  
M.E. Ignatieva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Saint Petersburg State Forest Technical University S.M. Kirov  
5, Institutsky per., St. Petersburg, Russia, 194021

<sup>2</sup>Swedish University of Agricultural Sciences  
SLU, P.O. Box 7070, SE-750 07, Uppsala, Sweden

The analysis of plant communities on traditional Scandinavian green roofs created by the same technology and the use of natural turf reveals the dynamics of change in species composition while in the absence of intensive maintenance. A list of local plant species appropriate for creating resilient bio-diverse plant community for Green Roofs is recommended.

**Key words:** green roof, turf roof, sustainability, biodiversity.

## REFERENCES

- [1] *Blent K.* Materialhörnan — Torvtak — material och teknik / Karin Blent // *Byggnadskultur*. — 2000. — № 4. — S. 42—43.
- [2] *Brenneisen S.* Space for urban wildlife: Designing green roofs as habitats in Switzerland // *Urban Habitats*. — 2006. — 4. — P. 27—36. URL: [www.urbanhabitats.org/v04n01/index.html](http://www.urbanhabitats.org/v04n01/index.html).
- [3] *Coffman R.R., Davis G.* Insect and avian fauna presence on the Ford assembly plant ecoroof. — Paper presented at the Third Annual Greening, 2005.
- [4] *Grime J.P.* Plant Strategies, Vegetation Processes and Ecosystem Properties. — 2001.
- [5] *Hidemark O.* Se renoveras torp och gerdar, Ove Hidemark, Elisabet Stavenow-Hidemark, Göran Söderström, Axel Unnerbäck, Västerås: ICA bokförlag, 1992.
- [6] *PhytoSoft*: programmnyj kompleks dlja obrabotki geobotanicheskikh dannyh. URL: <http://labfranep.com/projects/19>.
- [7] Swedish Meteorological and Hydrological Institute. Baza dannyh meteorologicheskikh nabljudenij. URL: <http://www.smhi.se/klimatdata>.
- [8] *Bubnova A.B., Mel'nichuk I.A., Ignat'eva M.E.* Soobshhestva roda sedum (*Sedum L.*) v ozelelenii jekspluatiruemyh krovel', ih ispol'zovanie i dinamika izmenenij // *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Serija «Agronomija i zhivotnovodstvo»*. — 2012. — № 5. — S. 5—12.
- [9] *Ignat'eva M.E.* Sady starogo i novogo mira. Puteshestvija landshaftnogo arhitekтора. — SPb, Iskusstvo-SPb, 2011. 408s.
- [10] Interv'ju s menedzherom muzeja Skansen Marianne Strandin 2 maja 2013 g.
- [11] *Ipatov V.S., Kirikova L.A.* Fitocenologija. — SPb, Izd-vo S-Peterburgskogo un-ta, 1997.
- [12] *Nejshadt M.I.* Opredelitel' rastenij srednej polosy evropejskoj chasti SSSR. — M.: Uchpedgiz, 1954.
- [13] *Neshataev V.Ju., Egorov A.A.* Raznoobrazie rastitel'nogo pokrova i ego monitoring. Uchebnoe posobie. SPb.: SpbGLTA, 2006.
- [14] *Ramenskij L.G.* Jekologicheskaja ocenka kormovyh ugodij po rastitel'nomu pokrovu. M.: Sel'hozgiz, 1956.
- [15] *Rychin Ju.V.* Sornye rastenija. Opredelitel'. M.: Uchpedgiz, 1952.
- [16] *Fedorov A.A.* Zhizn' rastenij: v 6 t. — M.: Prosveshhenie / Pod redakciej A.L. Tahtadzhjana, glavnyj redaktor chl.-kor. AN SSSR, prof. A.A. Fedorov. 1974.