



УДК 581.8+582.675.1(571.6)

Анатомическое строение черешка листа, стебля и семени *Aconitum coreanum* (Ranunculaceae)

И. Г. Гавриленко, Е. В. Новожилова

ФГБУН Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г. Б. Елякова ДВО РАН, пр. 100 лет Владивостоку, 159,
Владивосток, 690022, Россия. E-mail: n.e.v.a.0@yandex.ru, calad@rambler.ru

Ключевые слова: *Aconitum coreanum*, черешок листа, стебель, семя, семенная кожура, анатомия.

Аннотация. Объектом исследования явился *Aconitum coreanum*, являющийся единственным на Дальнем Востоке представителем секции *Anthora*. Ареал вида охватывает северо-восток Китая, полуостров Корея, российский Дальний Восток (Приморский край). Целью исследования явилось выявление анатомических диагностических признаков *A. coreanum*. Анатомический метод исследования структуры черешка листа, стебля, семени и семенной кожуры перспективен для идентификации видов и более крупных таксономических групп в семействе Ranunculaceae. Для работы использовали растения, собранные в фазе цветения. Черешки листьев, часть стебля и семена фиксировали в 70%-м этаноле. Поперечные срезы черешков стеблевых листьев срединной формации, а также стеблей и семян исследовали с помощью светового микроскопа. В результате исследования выявлены специфические признаки *A. coreanum*: радиальный V – образный на поперечном срезе черешок листа с 8–11 коллатеральными проводящими пучками разного размера; городчатые выросты наружной стенки эпидермальных клеток черешка; эпидермальные клетки стебля со значительно утолщенной наружной стенкой; стебель слаборебристый, полый внутри; семена *A. coreanum* на поперечном срезе с тремя хорошо выраженными крыловидными ребрами. Таким образом, диагностическими признаками вида являются: форма черешка на поперечном срезе, количество проводящих коллатеральных пучков, особенности строения внешних стенок эпидермальных клеток черешка, строение стебля и форма семени на поперечном срезе.

Anatomical structure of a leaf petiole, stem and seed of *Aconitum coreanum* (Ranunculaceae)

I. G. Gavrilenko, E. V. Novozhilova

G. B. Elykov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry Far East Branch, Russian Academy of Sciences
159 Pr-t 100 let Vladivostoku, Vladivostok, 690022, Russia

Key words: *Aconitum coreanum*, leaf petiole, stem, seed, anatomy.

Summary. The anatomic structure of leaf petiole, stem, seed of Far Eastern endemic *Aconitum coreanum* was investigated. It is only one species of the *Anthora* section on the Far East of Russia. An area of the species covers the northeast of China, the peninsula Korea and Primorsky Territory (Russia). The aim of our research was identification of anatomic diagnostic characters of *A. coreanum*. The anatomic structure of leaf petiole, stem, seed may have taxonomic significance for identification of species and taxonomical groups of Ranunculaceae. Plant material was collected in a blossoming phase. Leaf petioles, parts of stem and seeds were fixed in 70 % ethanol. Anatomical structure of stem and petiole leaves was investigated in the middle part of plant. The anatomic structure of a leaf petiole, stem and seed coat were examined by means of light microscopy. *A. coreanum* is characterized by petiole radial, V-shape on cross section, with 8–11 collateral vascular bundles of different size; crenate wall of petiole epidermal cells; epidermal cells of the stem with strongly thickened walls; the stem is slightly rib; seeds with three longitudinal wings. The diagnostic characters are the petiole form on the cross section, the quantity of vascular collateral bundles of leaf petiole, the structure of external walls of epidermal cells of petiole, the structure of stem, and the seed form on cross section.

Введение

Род *Aconitum* L. объединяет около 400 видов, распространенных преимущественно в умеренном поясе Северного полушария (Wang et al., 2001; Park, 2007). Наибольшее видовое разнообразие рода отмечается в Восточной Азии. На российском Дальнем Востоке произрастает по разным оценкам от 33 до 40 видов (Voroshilov, 1985; Lufegov, 2004). Виды рода *Aconitum* имеют зигоморфные цветки, характеризующиеся высокой специализацией. Морфологической особенностью цветка является наличие шлемовидного верхнего чашелистика (шлема), строение которого имеет значение при определении секционной и видовой принадлежности. Род *Aconitum* подразделяется на 3 секции: *Aconitum* (*Napellus* DC.), *Anthora* DC., *Lycostonum* DC. (Steinberg, 1937; Voroshilov, 1945, 1997) на основании особенностей строения корневой системы, листьев, элементов цветка, характера поверхности семян.

Анатомический метод исследования структуры черешка листа (петиолярная анатомия), стебля, семени и семенной кожуры перспективен для идентификации видов и более крупных таксономических групп в семействе Ranunculaceae (Kuklina, 1961; Tamura, 1964; Ponomarenko, Veresteckaja, 1980, 1981; Gavrilenko, Novozhilova, 2015).

Исследования анатомического строения черешка и стебля представителей рода *Aconitum* немногочисленны (Tumanyan, 1965; Barykina et al., 1976; Trifonova, 1977; Novikoff, Mitka, 2015). В работе S. A. Tumanyan (1965) проведено исследование анатомического строения черешков листьев восточноазиатских видов *A. kirinense* Nakai и *A. albo-violaceum* Kom., культивируемых в Главном ботаническом саду РАН. Результаты исследования морфологии семян и анатомического строения семенной кожуры представителей рода *Aconitum* отражены в ряде работ (Cappelletti, Poldini, 1984; Trifonova, 1984).

Объектом нашего исследования явился *Aconitum coreanum* (Lévl.) Rapaics, маньчжурский эндемик, являющийся единственным на Дальнем Востоке представителем секции *Anthora*. Ареал вида охватывает северо-восток Китая, полуостров Корея, российский Дальний Восток (Приморский край). Вид приурочен к суходольным лугам, открытым глинисто-каменистым склонам сопков, растет среди кустарников (*Corylus heterophylla* Fisch. ex Trautv., *Lespedeza bicolor* Turcz.).

Целью нашего исследования явилось выявление анатомических диагностических признаков

A. coreanum. В работе представлены результаты изучения анатомического строения черешка, листа, стебля и семенной кожуры.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили образцы, собранные автором и другими сотрудниками лаборатории хемотаксономии растений ФГБУН Тихоокеанского института биоорганической химии им. Г. Б. Елякова ДВО РАН, в экспедиционных поездках по Приморскому краю в 2015 году.

Исследованные образцы *Aconitum coreanum*:

1. «Приморский край, Октябрьский район, окрест. пос. Фадеевка. 09 IX 2015. И. Г. Гавриленко, П. Г. Горовой».

2. «Приморский край, Октябрьский район, в 4 км южнее пос. Владимировка. 10 IX 2015. И. Г. Гавриленко, П. Г. Горовой».

Для работы использовали растения, собранные в фазе цветения. Черешки листьев и часть стебля фиксировали в 70 %-м этаноле. Поперечные срезы черешков стеблевых листьев срединной формации, а также стеблей и семян исследовали в их средней части. Срезы окрашивали сафранином, после чего изготавливали постоянные препараты. Достоверность полученных результатов достигалась изучением образцов (растения из разных мест, находящихся в одной фазе) в 5-и кратной повторности. Фотографии препаратов выполнены с помощью микроскопа Leica 4500 (Leica, Brensheim, Germany) в Дальневосточном центре электронной микроскопии (ФГБУН Институт биологии моря им. А. В. Жирмунского ДВО АН).

Результаты и их обсуждение

Анатомическое строение черешка листа

Для рода *Aconitum* характерны черешки радиального типа с хорошо развитыми пучками в брюшной части черешка (Tamura, 1964). Поперечный срез черешка листа *A. coreanum* радиального типа, желобчатый, V-образной формы. Хорошо выражена абаксиальная (спинная) и адаксиальная (брюшная) стороны черешка (рис. А). Покровная ткань представлена крупными эпидермальными клетками овальной формы 15–35 мкм длины и 30–46 мкм высоты (рис. В). Наружная стенка эпидермальных клеток утолщена в значительной степени до 5 мкм. Кроме того, наружная стенка эпидермальных клеток имеет выросты (рис. С). Кутикула 1–1,5 мкм, равномерно утолщена, гладкая. Под эпидермаль-

ными клетками располагается 1 слой крупных клеток колленхимы, 20–35 мкм в диаметре. Далее от периферии к центру находится ассимиляционная ткань, состоящая из 3–4 слоев клеток

хлоренхимы. Клетки хлоренхимы тонкостенные, округлой или неправильной формы, значительно варьируют по размеру от 20 мкм до 100 мкм (рис. В).

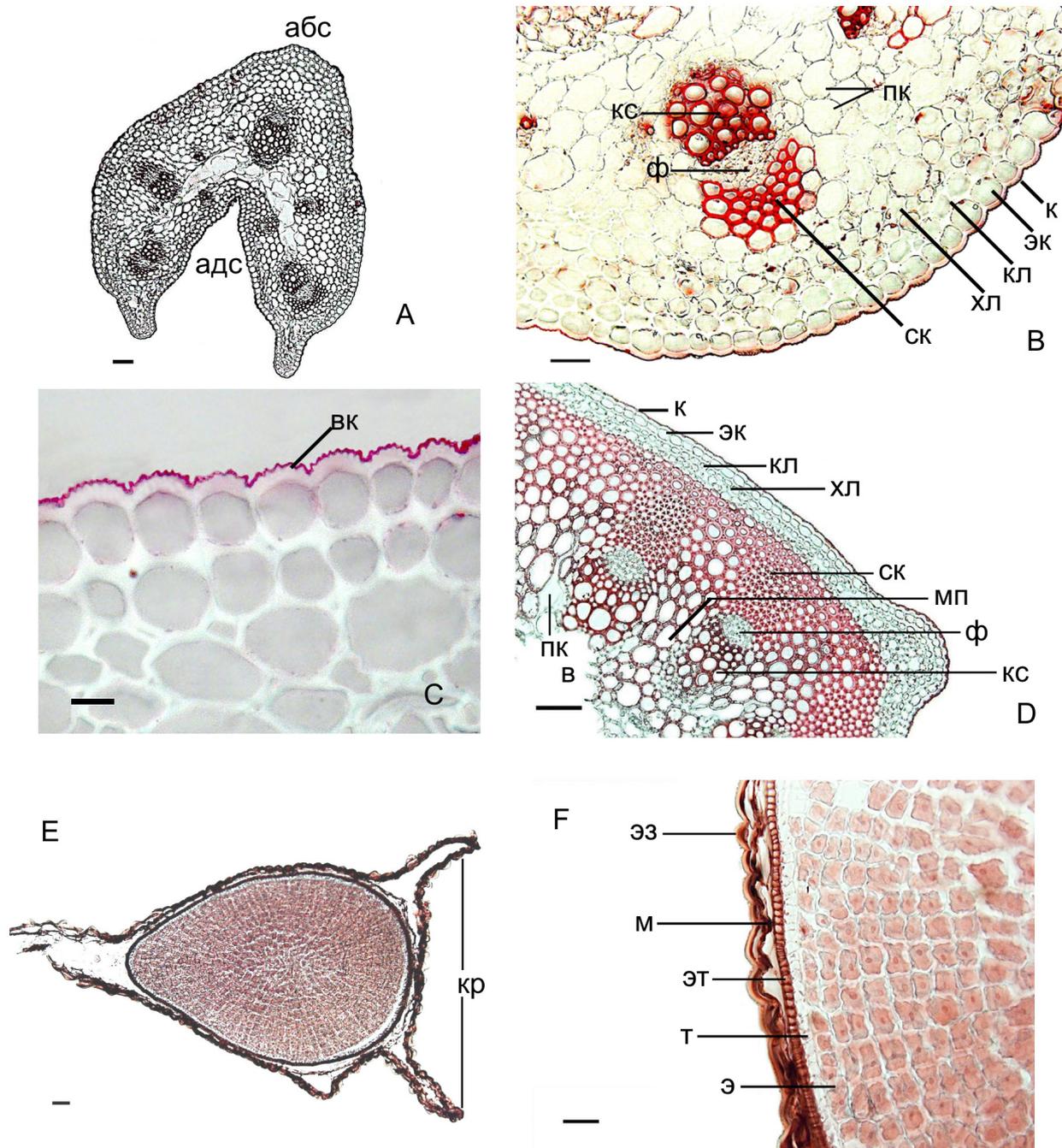


Рис. Анатомическое строение черешка листа, стебля и семени *Aconitum coreanum*: А – поперечный срез черешка листа (масштабная линейка 100 мкм); В – фрагмент поперечного среза черешка листа (масштабная линейка 50 мкм); С – фрагмент поперечного среза периферической части черешка листа (масштабная линейка 20 мкм); D – поперечный срез стебля (масштабная линейка 50 мкм); E – поперечный срез семени (масштабная линейка 100 мкм); F – фрагмент поперечного среза семенной кожуры (масштабная линейка 50 мкм); адс – адаксиальная сторона, абс – абаксиальная сторона; в – воздухоносная полость; вк – выросты эпидермальных клеток; к – кутикула; кл – колленхима; кр – крылья; кс – ксилема; м – мезотеста; мп – межпучковая паренхима; пк – паренхимные клетки; ск – склеренхима; т – тегмен; ф – флоэма; хл – хлоренхима; э – эндосперм; эт – эндотеста; эз – экзотеста; эк – эпидермальные клетки.

Коллатеральные проводящие пучки разного размера. Хорошо выражены боковые проводящие пучки (L), а также пучки, расположенные в середине абаксиальной части черешка (M). Брюшные пучки (V) средних размеров. Проводящих пучков 8–11, из них 3–4 больших, 2–4 средних и 2–4 мелких. Межпучковая паренхима не одревесневшая. Ксилема в пучках обращена к центру, а флоэма к поверхности черешка. Механическая ткань сформирована 3–5 рядами клеток склеренхимы, примыкает к флоэме. Центральная часть черешка образована паренхимными клетками, которые разрушаются с образованием воздухоносной полости.

Анатомическое строение стебля

Стебель цветоносного побега с небольшими ребрами, гладкий, без опушения. Эпидермальные клетки овальные, 14–30 мкм длины, 25–35 мкм высоты, со значительно утолщенной наружной стенкой 7–9 мкм. Кутикула тонкая 3–4 мкм, более толстая в местах соединения клеток.

Под эпидермисом находится 1 слой клеток колленхимы, 10–20 мкм дл., 10–15 мкм выс., затем хлоренхима, формирующая кольцо из нескольких слоев клеток (от 2 до 6 в ребрах). Далее к центру стебля располагается склеренхимное кольцо, представленное равномерно одревесневшими плотно сомкнутыми клетками, из 8–9 слоев и 9–12 слоев клеток (над пучками), при этом клетки склеренхимы над проводящими пучками уменьшаются в диаметре, а количество слоев увеличивается по сравнению с межпучковым пространством. Коллатеральные проводящие пучки открытого типа расположены по кругу. Одревесневшая паренхима (2–3 слоя) расположена за склеренхимным кольцом, между пучками. Центральная часть черешка образована паренхимными клетками, которые разрушаются с образованием воздухоносной полости (рис. D).

Анатомическое строение семени

Семена *A. coreanum* на поперечном срезе с

тремя хорошо выраженными крыловидными ребрами, образованными клетками наружной эпидермы, чешуйчатые выросты отсутствуют (рис. E). Экзотеста в зрелых семенах образует защитный слой и состоит из сравнительно крупных, тангенциально вытянутых клеток, покрытых кутикулой (рис. F). Мезотеста представлена несколькими слоями тонкостенных, плотно прилегающих друг к другу тангенциально вытянутых и сильно деформированных клеток. Эндотеста состоит из одного ряда клеток 10–12 мкм высоты с равномерно утолщенными стенками. Тегмен хорошо выражен, однорядный, состоит из тонкостенных клеток 18–22 мкм высоты. Эндосперм занимает в зрелом семени большую его часть, клетки крупные, толстостенные, наружные и внутренние сходные по форме (рис. F).

Заключение

Диагностическими анатомическими признаками *A. coreanum* являются:

- 1) радиальный V-образный поперечный срез черешка листа с 8–11 коллатеральными проводящими пучками разного размера;
- 2) городчатые выросты наружной стенки эпидермальных клеток черешка;
- 3) эпидермальные клетки стебля с сильно утолщенной наружной стенкой;
- 4) стебель слаборебристый, полый внутри;
- 5) семена *A. coreanum* на поперечном срезе с тремя хорошо выраженными крыловидными ребрами.

Благодарности

Авторы благодарны академику РАН П. Г. Горовому за помощь при сборе растений во время экспедиций и консультации при написании статьи. Также авторы выражают благодарность сотрудникам Дальневосточного центра электронной микроскопии (ФГБУН Институт биологии моря им. А. В. Жирмунского ДВО РАН) Д. В. Фомину и К. А. Шефер за техническую поддержку.

References / Литература

- Barykina R. P., Gulanyan T. A., Chubatova N. V.** 1976. A morpho-anatomical investigation of some representatives of the genus *Aconitum* L. (section *Lycocotnum* DC.) in ontogenesis. *Byul. MOIP. Otd. biol. [Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series]* 81, 1: 99–116 [In Russian]. (**Барыкина Р. П., Гуланын Т. А., Чубатова Н. В.** Морфолого-анатомическое исследование некоторых представителей рода *Aconitum* L. секции *Lycocotnum* DC. в онтогенезе // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1976. Т. 81, вып. 1. С. 99–116).
- Cappelletti E. M., Poldini L.** 1984. Seed Morphology in Some European Aconites (*Aconitum*, Ranunculaceae). *Pl. Syst. Evol.* 145: 193–201. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007/BF00983948> (Accessed 15 August 2017).

Gavrilenko I. G., Novozhilova E. V. 2015. Anatomical structure of the leaf petioles of species of the genus *Thalictrum* (Ranunculaceae) of Russian Far Eastern. *Turczaninowia* 18, 4: 67–73 [In Russian]. (**Гавриленко И. Г., Новозжилова Е. В.** Анатомическое строение черешков листьев видов рода *Thalictrum* (Ranunculaceae) Дальнего Востока России // *Turczaninowia*, 2015. Т. 18, вып. 4. С. 67–73). DOI: 10.14258/turczaninowia.18.4.8

Kuklina L. A. 1961. Comparative anatomy of vegetative organs of plants of family Ranunculaceae. *Byull. Glavn. Bot. Sada (Moscow) [Bulletin of the Main Botanical Garden]* 42: 66–75 [In Russian]. (**Куклина Л. А.** Сравнительная анатомия вегетативных органов растений семейства лютиковых // Бюл. Гл. ботан. сада, 1961. Вып. 42. С. 66–75).

Luferov A. N. 2004. A taxonomic synopsis of Ranunculaceae of the Far East of Russia. *Turczaninowia* 7, 1: 5–84 [In Russian] (**Луферов А. Н.** Таксономический конспект лютиковых (Ranunculaceae) Дальнего Востока России // *Turczaninowia*, 2004. Т. 7, вып. 1. С. 5–84). URL: <http://ssbg.asu.ru/turcz/p5–84.pdf> (Дата обращения: 01.08.2017).

Novikoff A. V. and Mitka J. M. 2015. Anatomy of stem-node-leaf continuum in *Aconitum* (Ranunculaceae) in the Eastern Carpathians. *Nordic Journal of Botany* 33(5): 633–640. DOI: 10.1111/njb.00893

Park C. W. 2007. *The Genera of Vascular Plants of Korea*. Academy Publishing Co., Seoul, Korea, 1482 pp.

Ponomarenko S. F., Beresteckaja T. B. 1980. Comparative morphological analysis of spermoderm of family Ranunculaceae Juss. species with polyspermous dehiscent fruits. *Izvestiya Akademii nauk SSSR. Seriya biologicheskaya [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biology]*. 5: 684–259 [In Russian]. (**Пonomarenko S. F., Beresteckaja T. B.** Сравнительно-морфологический анализ спермодермы видов семейства Ranunculaceae Juss. с многосемянным раскрывающимся плодом // Изв. АН СССР. Сер. биол., 1980. № 5. С. 684–701).

Ponomarenko S. F., Beresteckaja T. B. 1981. Comparative morphological analysis of pericarp and spermoderm of Ranunculaceae Juss. species with monospermous indehiscent fruitlet. *Izvestiya Akademii nauk SSSR. Seriya biologicheskaya [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biology]* 2: 237–259 [In Russian]. (**Пonomarenko S. F., Beresteckaja T. B.** Сравнительно-морфологический анализ перикарпа и спермодермы видов семейства Ranunculaceae Juss. с односемянным нераскрывающимся плодиком // Изв. АН СССР. Сер. биол., 1981. № 2. С. 237–259).

Steinberg E. I. 1937. *Aconitum* L. In: *Flora SSSR [Flora of the USSR]*. Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, Moscow, Leningrad, 7: 183–236 [In Russian]. (**Штейнберг Е. И.** Акони́т // Флора СССР. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1937. Т. 7. С. 183–236).

Tamura M. 1964. Morphology, ecology and phylogeny of the Ranunculaceae III. *Science Reports Osaka University* 13(1): 25–38.

Trifonova V. I. 1977. A comparative anatomical research of petiole in some representatives of genera *Consolida* (DC.) S. F. Gray, *Aconitella* Spach, *Delphinium* L. and *Aconitum* L. (Ranunculaceae). *Bot. Zhurn. (Moscow & Leningrad)* 62(6): 866–876 [In Russian]. (**Трифонова В. И.** Сравнительно-анатомическое исследование черешка некоторых представителей родов *Consolida* (DC.) S. F. Gray, *Aconitella* Spach, *Delphinium* L. и *Aconitum* L. (Ranunculaceae) // Бот. журн., 1977. Т. 62, № 6. С. 866–876).

Trifonova V. I. 1984. Morphology of seeds and anatomical characteristics of the seed-coat in some species of the genera *Aconitella*, *Delphinium* and *Aconitum* (Ranunculaceae). *Bot. Zhurn. (Moscow & Leningrad)* 69(10): 1336–1341 [In Russian]. (**Трифонова В. И.** Морфология семян и анатомическая характеристика семенной кожуры ряда представителей родов *Aconitella*, *Delphinium* и *Aconitum* (Ranunculaceae) // Бот. журн., 1984. Т. 69, № 10. С. 1336–1341).

Tumanyan S. A. 1965. Characteristics of an anatomic structure of a stem and leaf of *Aconitum* L. species. *Byull. Glavn. Bot. Sada (Moscow) [Bulletin of the Main Botanical Garden]* 59: 59–66 [In Russian]. (**Туманян С. А.** Особенности анатомического строения стебля и листа у видов *Aconitum* L. // Бюл. Гл. ботан. сада, 1965. Вып. 59. С. 59–66).

Voroshilov V. N. 1997. On the subsections of the genus *Aconitum* L. (Ranunculaceae). *Byull. MOIP. Otd. Biol. [Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series]* 102, 3: 62–63 [In Russian]. (**Ворошилов В. Н.** О подсекциях в роде *Aconitum* L. (Ranunculaceae) // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1997. Т. 102, вып. 3. С. 62–63).

Voroshilov V. N. 1945. Notes on systematization of species of an akonit of Flora of the USSR *Bot. Zhurn. (Moscow & Leningrad)* 30(3): 125–143 [In Russian]. (**Ворошилов В. Н.** Заметки по систематике видов аконита Флоры СССР // Бот. журн., 1945. Т. 30, № 3. С. 125–143).

Voroshilov V. N. 1985. List of vascular plants of the Soviet Far East. In: *Floristicheskiye issledovaniya v raznykh rayonakh SSSR [Floristic studies in different regions of the USSR]*. Moscow, 139–200 pp. [In Russian]. (**Ворошилов В. Н.** Список сосудистых растений советского Дальнего Востока // Флористические исследования в разных районах СССР. М., 1985. С. 139–200).

Wang W., Fu D., Li L. Q., Bartholomew B., Brach A. R., Dutton B. E., Gilbert M. G., Kadota Y., Robinson O. R., Tamura M., Warnock M. J., Zhu G., Ziman S. N. 2001. *Flora of China: Ranunculaceae*. Science Press (Beijing) & Missouri Botanical Garden (St. Louis), 6: 133–439. URL: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=10757 (Accessed 05 August 2017).