



УДК 502/504

ОСОБЕННОСТИ КАУЗАЛЬНОГО ХАРАКТЕРА СВЯЗЕЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА И ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ИНТРАЗОНАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЛУГОВ СРЕДНЕГО УРОВНЯ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВОЛГИ)

PECULIARITIES OF HYDROLOGICAL REGIME CONNECTION CAUSATIVE FEATURE AND ARID TERRITORIES INTRAZONAL LANDSCAPE VEGETATION COMMUNITY DYNAMICS

А.Н. Бармин, М.В. Валов, М.М. Иолин, Е.А. Бармина, И.М. Куренцов
A.N. Barmin, M.V. Valov, M.M. Iolin, E.A. Barmina, I.M. Kurentsov

Астраханский государственный университет, Россия, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1
Astrakhan State University, 1, Shaumyan Sq, Astrakhan, 414000, Russia

E-mail: abarmin60@mail.ru, m.v.valov@mail.ru

Аннотация. На основании мониторинговых исследований, проводимых в дельте реки Волги в период с 1979 по 2011 гг. были выявлены причинно-следственные связи между объёмами и длительностью весенне-летних половодий и динамикой растительных сообществ лугов среднего экологического уровня. По десятилетним периодам были рассчитаны средний объём водного стока за второй квартал и максимальные уровни подъёма воды во время половодий, показаны изменения объёмов расхода воды в зимний и ранневесенний периоды. На лугах среднего уровня (интервал высоты над меженью 1.3–2.4 м) была рассмотрена динамика продуктивности основных видов растительности, входящих в состав травостоя. На основании полученных результатов даны рекомендации по регулированию водного режима низовьев реки Волги.

Resumé. Cause effect relations between volume and spring-summer overflows duration and medium ecological stage ground vegetation community dynamics were identified on the basis of land cover monitoring reconnaissance which was carried out in the Volga delta in the period of 1979 till 2011. Aqueous runoff average volume for the second quarter and maximum upwelling level during overflows were rated by decade, also the water expenditure volume changes in winter and prevernal period were shown. Main types of vegetation dynamic forming grass stand part were considered on the mean ground level (interval of height over normal water level is 1.3–2.4 m). Two periods with different dynamic tendencies of soil and vegetation cover, which were defined by aqueous runoff volume changes for the second quarter were distinguished according to the monitoring results in the Volga river well head natural system. The first period is the hydraulicity increase period (from the reconnaissance lasting till 2006). For these period significant mean ground level soil desalinization occurred and also there was soil solution toxicity decrease and salinization substitution of sulphate-chloride by sulphat, that leads to vegetation community producing capacity increase. The second period is observed from the beginning of 2006 and continued until the present date. This period is characterized by spring and summer overflows volume decrease, also is characterized by some water-soluble salt content increase in soils and toxicity growth, as a result of which vegetation biological mass decrease and changes in phytocenosis species composition (from mesophytic types to more xerophytic) occurred. The recommendations concerning the Volga river hydrological regime control were given on the basis of obtained results.

Ключевые слова: дельта р. Волги, динамика растительности, изменения гидрологического режима, управление экосистемами, рациональное природопользование.

Key words: Volga river delta, vegetation hydrological regime changes, ecosystems control, rational ecosystem exploitation.

Введение

Состояние и динамика наземных экосистем и биотических сообществ пойм и дельт рек в наибольшей мере зависят от гидрологического режима и климатических факторов территории [Валов, Бармин, Иолин, 2015]. Поэтому зарегулирование стока плотинами и создание водохранилищ на реках в совокупности с изменениями климата вызывают глубокие изменения в состоянии и динамике дельтовых экосистем и ландшафтов, что приводит к различного рода негативным последствиям. Особенно они велики в аридных



районах, где долинные ландшафты наиболее продуктивны [Голуб, Бармин, 1994; Varmin et al., 2015].

Своим существованием в аридной зоне луговая растительность обязана регулярным весенне-летним разливам Волги, сменившимся после введения в эксплуатацию каскада гидроэлектростанций искусственными попусками. Вода увлажняет долину, приносит с наилком питательные элементы, вымывает из почвы токсичные соли. Однако зональные факторы накладывают определённый отпечаток на характер луговой растительности дельты р. Волги. Прежде всего это влияние проявляется в резкой переменности увлажнения. После окончания длительного затопления долины во время половодий в условиях аридного климата поверхностные слои почвы быстро иссушаются. Раннее начало вегетации (конец марта - начало апреля), позднее половодье, а затем засушливый период приводят к большой сезонной динамике фитоценозов [Голуб, Бармин, 1995].

Материалы и методы

Организация управления экосистемами, устойчивое природопользование и планирование невозможно без системы мониторинга. Кроме того, любое прогнозирование ландшафтных процессов основано на знании их динамики. В связи с этим, в 1979 г. в восточной части дельты р. Волги с целью ведения мониторинга почвенного и растительного покрова был заложен стационарный профиль, на нескольких трансектах которого была расположена серия пробных геоботанических площадок. Пробные площадки размером 2×2 м были заложены на расстоянии 15 м друг от друга только на экотопах, подверженных влиянию половодий: они либо затапливались, либо подтапливались во время его наступления. На вершинах и высоких участках склонов бэровских бугров, не подверженных воздействию половодий, пробные площадки не закладывали. Кроме геоботанических описаний на 126 геоботанических площадках профиля размером 50×50 см была скошена надземная масса травостоя, которая была разобрана по видам растений, высушена на воздухе и взвешена. Более подробно методики проведения и результаты предыдущих исследований опубликованы в работах [Голуб, Бармин, 1994; Голуб, Бармин, 1995; Бармин и др., 2015а, б; Валов и др., 2015].

Результаты и их обсуждение

В дельте Волги регулирование водного стока водохранилищами привело к изменению внутригодового водного режима. Средний объём водного стока за второй квартал за период с ненарушенным режимом составлял 141 км³ (58% от годового стока) (рис. 1). На последующем временном отрезке наблюдается направленное снижение как объёмов половодья, так и их доли от общегодового стока. В последний период наблюдений (с 2002 по 2013 гг.) средний объём водного стока за второй квартал составил 100 км³ (40% от среднего годового стока) [Георгиади и др., 2014].

Выявлены значительные колебания максимальных уровней подъёма воды в период половодья по мерке водомерного поста г. Астрахани. Происходило заметное снижение уровня подъёма воды от середины 50-х до конца 70-х годов XX века (рис. 2). С начала 80-х годов уровень подъёма воды существенно увеличился, достигнув максимума в период с 1992 по 2001 гг. В последний период анализа (2002–2013 гг.) максимальный уровень подъёма воды сравнивался по величине с периодом 1952–1961 гг. [Бармин, Валов, 2015].

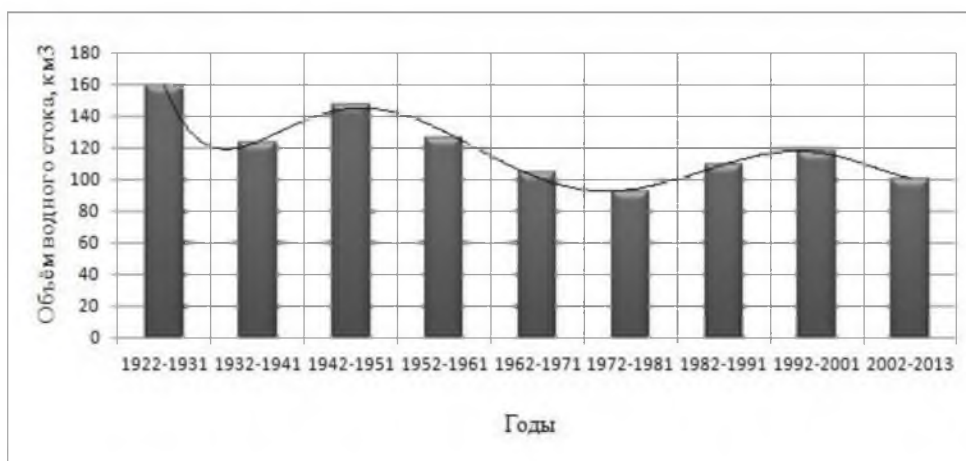


Рис. 1. Средний объём водного стока в створе Волгоградской ГЭС за второй квартал по периодам, км³
 Fig. 1. Aqueous runoff average volume in Volgograd hydro-electric power station point for the second quarter periodically, cubic kilometers

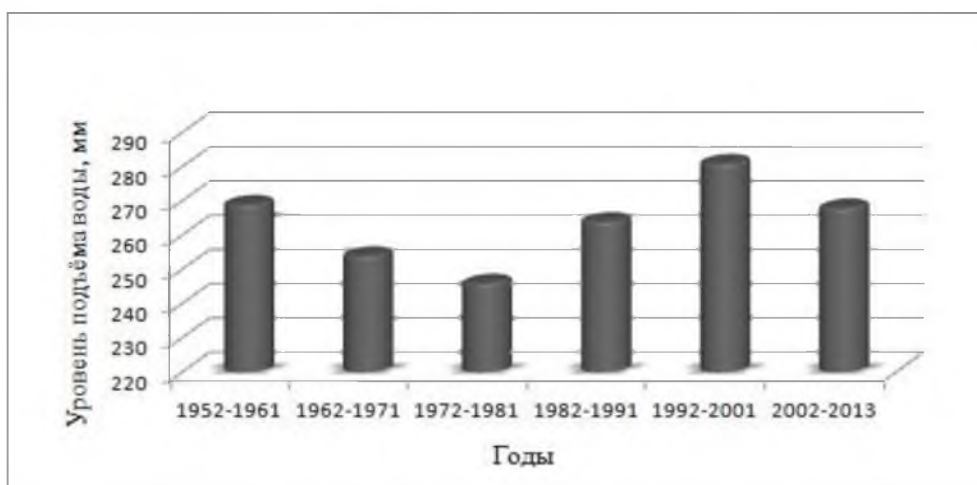


Рис. 2. Максимальный уровень подъёма воды за II квартал по рейке водомерного поста г. Астрахани
 Fig. 2. Water hoisting maximum level for the second quarter according the Astrakhan water stage gauge

Также особое внимание необходимо обратить на повышенные расходы воды в зимние месяцы. Дополнительные сбросы воды осуществляются из-за увеличения расходов электроэнергии в зимний период. До зарегулирования объёмы сброса с декабря по март составляли в среднем 8 км³, после зарегулирования они выросли вдвое. В апреле расход воды увеличился примерно на 25%, тогда как в наиболее жизненно важные для флоры и фауны месяцы – мае и июне – объёмы водного стока резко сократились. Так, например, в мае объёмы попусков снизились на 13–14 км³, а в июне на 35 км³ (почти в 2.5 раза) [Георгиади и др., 2014].

Данные процессы не могут не сказаться на природных условиях дельты, её растительном покрове, продуктивности естественных кормовых угодий.

По интенсивности дельтовых процессов, связанных с высотой над меженным уровнем, рельефом и залеганием грунтовых вод после половодья профессором И.А. Цаценкиным луга дельты Волги были разделены на три экологических уровня: высокого, среднего и низкого. В данной работе представлены результаты геоботанических исследований, проводимых на лугах среднего уровня (интервал высот 1.3–2.4 м) [Цаценкин, 1962].

Луга среднего уровня широко развиты на выровненных участках дельтовой равнины, являются наиболее ценными в хозяйственном отношении и используются преимущественно как сенокосы [Голуб и др., 2013]. В связи с различиями в увлажнении луга данного уровня были дополнительно разделены авторами на 2 подуровня: 1.3–1.8 и 1.9–2.4 м. Названия высших растений дано по их списку в базе «Flora Europaea» (2008), помещенной на сайте Эдинбургского королевского ботанического сада: <http://rbg-web2.rbge.org.uk/FE/fe.html>.

Луга, расположенные в интервале высот 1.3–1.8 м более увлажнены, чем луга, находящиеся в интервале высот 1.9–2.4 м. Длительность их затопления в период половодья составляет в среднем 60 дней, по характеру растительности они относятся к мезофитным [Бармин и др., 2015]. Злаковую основу этих лугов составляют осоково-ситнягово-пырейные или ситнягово-осоково-пырейные ассоциации с участием разнотравья: *Euphorbia uralensis*, *Lythrum virgatum*, *Senecio jacobaea*, *Althaea officinalis*, *Asparagus officinalis*. Изредка на этих лугах небольшими пятнами присутствует *Phragmites australis*. На более сухих местах (интервал высот 1.9–2.4 м) в состав ассоциаций входят *Glycyrrhiza glabra*, *Acroptilon repens*, *Dodartia orientalis*. Средняя длительность затопления лугов, расположенных в данном интервале в период весенне-летних половодий составляет около 40 дней. С увеличением застойности водного режима увеличивается роль в травостое таких видов, как *Hierochloa repens*, *Lythrum virgatum*, *Euphorbia palustris*, *Stachys palustris* [Старичкова и др., 2012].

Ввиду того, что динамика продуктивности растительных сообществ лугов, расположенных в интервале 1.9–2.4 м полностью совпадает с тенденциями динамики лугов, расположенных в интервале 1.3–1.8 м, но с меньшими значениями биомассы, на графике показаны средние значения динамики продуктивности лугов среднего экологического уровня (1.3–2.4 м) (рис. 3).

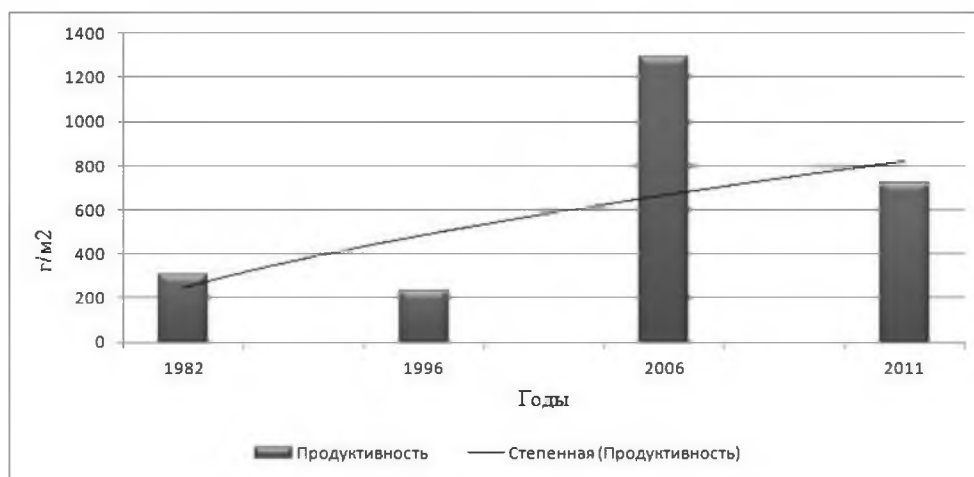


Рис. 3. Динамика продуктивности растительности лугов среднего экологического уровня, г/м²
Fig. 3. Medium ecological level vegetation ground producing capacity dynamics, hectare/ square meters

С 1982 по 2006 г. отмечается направленное увеличение продуктивности растительных сообществ, исключением стал лишь маловодный 1996 г. [Бармин и др., 2010].

В 2011 г. большинство видов растений снизили свою биомассу, за исключением *Typha angustifolia* и *Elytrigia repens*. *Typha angustifolia* к 1996 г. по сравнению с 1982 г. увеличил массу в 37 раз. В 2006 г. отмечается снижение продуктивности данного вида (на 74% по сравнению с 1996 г.), однако в 2011 г. биомасса *Typha angustifolia* резко возросла (до 68.4 г/м², что составило 7.6% от общей массы лугов данного уровня). Направленное увеличение продуктивности отмечено у вида *Elytrigia repens* [Голуб и др., 2013] (рис. 4).

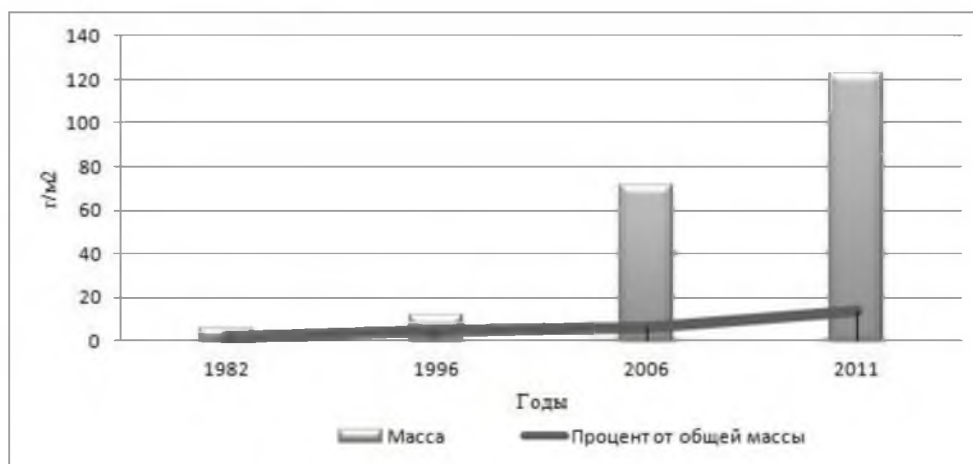


Рис. 4. Динамика надземной массы вида *Elytrigia repens* на лугах среднего уровня (интервал высот 1.3–1.8 м)
 Fig. 4. *Elytrigia repens* mass above ground dynamics on the mean ground level (height interval 1.3–1.8 m)

В 2011 г. по сравнению с 1982 г. продуктивность данного вида возросла в 22 раза. Так же заметным является рост продуктивности *Glycyrrhiza glabra*. В 1982 г. данный вид не был встречен в геоботанических описаниях лугов, расположенных в интервале высот 1.3–1.8 м [Голуб, Бармин, 1995]. Резкое увеличение его биомассы отмечено в 2006 г. (до 6.8% от общей массы), после чего, в 2011 г. масса *Glycyrrhiza glabra* по сравнению с данными 2006 г. снизилась в 8.6 раза. Последовательно возрастала продуктивность видов *Bolboschoenus maritimus*, *Eleocharis palustris* и *Phragmites australis*. В 2006 г. по сравнению с 1982 г. биомасса *Bolboschoenus maritimus* возросла в 7.3 раза, *Eleocharis palustris* – в 16.2 раза, *Phragmites australis* – в 389.4 раза (рис. 5).

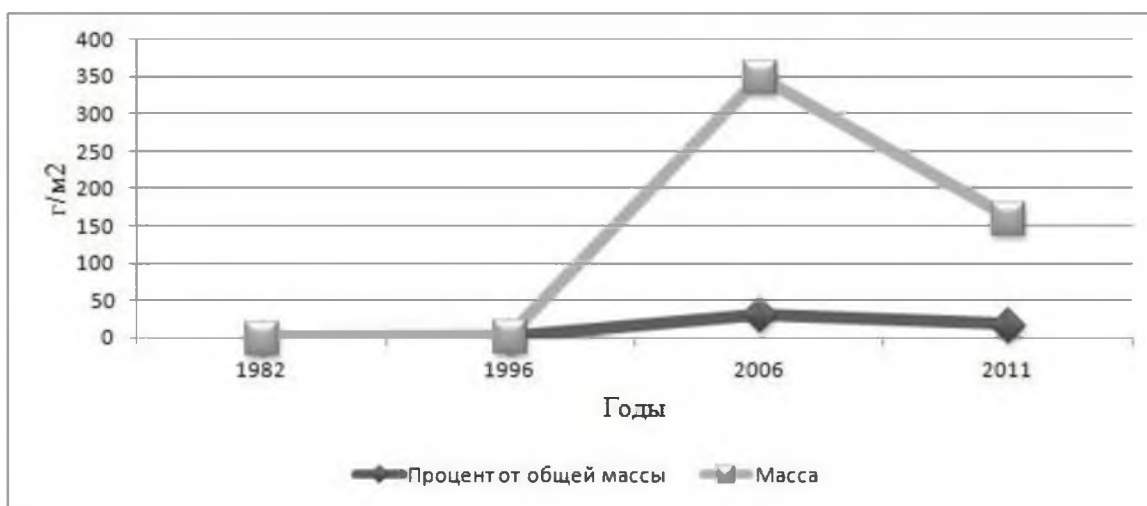


Рис. 5. Динамика надземной массы вида *Phragmites australis* на лугах среднего уровня (интервал высот 1.3–1.8 м)
 Fig. 5. *Phragmites australis* mass above ground dynamics on the mean ground level (height interval 1.3–1.8 m)

В 2011 г. продуктивность данных видов снизилась в 10, 2.3 и 2.2 раза соответственно.

Состав травостоя лугов, расположенных в интервале высот 1.9–2.4 м несколько отличается от лугов, расположенных в интервале 1.3–1.8 м. В частности, на лугах данного уровня не встречается *Typha angustifolia*, *Phragmites australis* появляется в геоботанических описаниях 2006 г. (1.6% от общей массы) и 2011 г. (6.9% от общей массы лугов данного уровня) [Старичкова и др., 2012] (рис. 6).

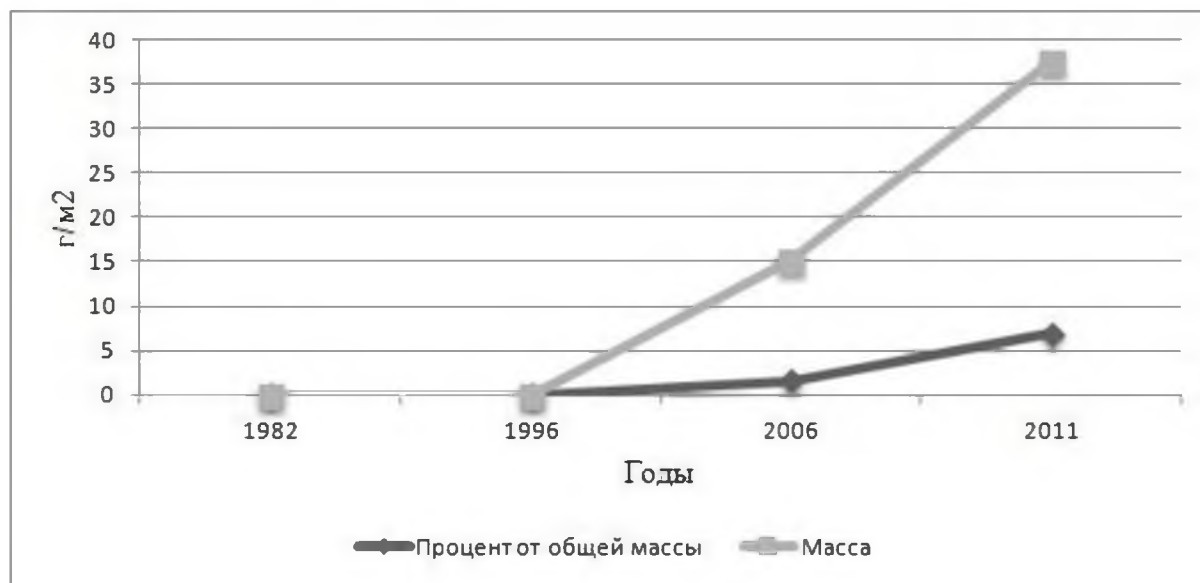


Рис. 6. Динамика надземной массы вида *Phragmites australis* на лугах среднего уровня (интервал высот 1.9–2.4 м)
 Fig. 6. *Phragmites australis* mass above ground dynamics on the mean ground level (height interval 1.9–2.4 m)

Биомасса видов *Bolboschoenus maritimus*, *Elytrigia repens* и *Glycyrrhiza glabra* устойчиво возрастала от 1982 к 2006 гг. В 2006 г. по сравнению с 1982 г. продуктивность *Bolboschoenus maritimus* возросла в 8.6 раза, *Elytrigia repens* – в 72.4 раза, *Glycyrrhiza glabra* – в 467.5 раза [Голуб и др., 2013] (рис. 7).

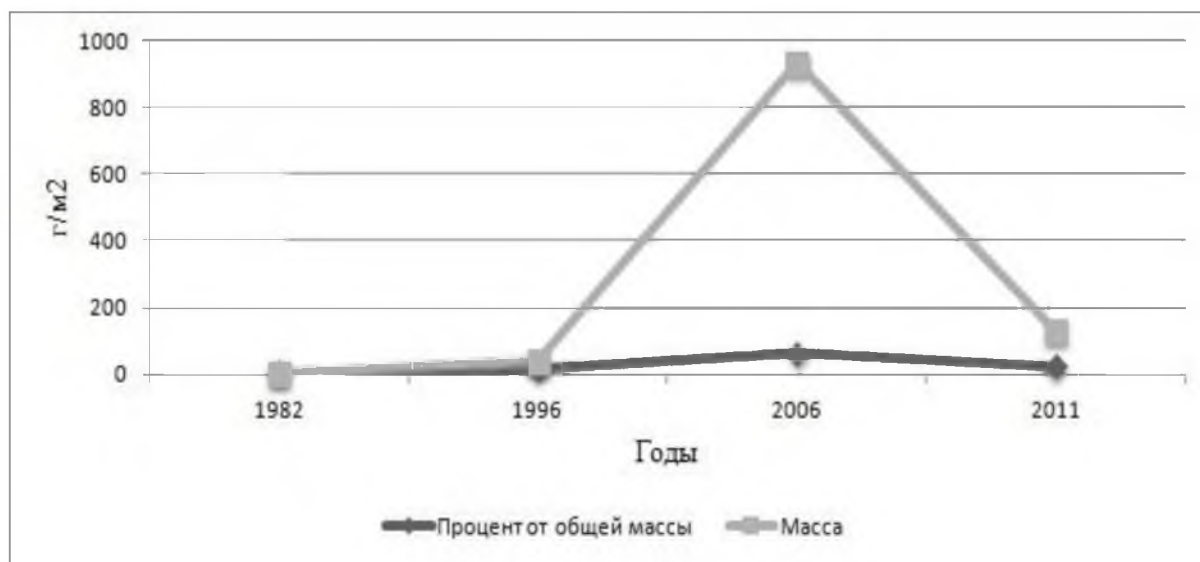


Рис. 7. Динамика надземной массы вида *Glycyrrhiza glabra* на лугах среднего уровня (интервал высот 1.9–2.4 м)
 Fig. 7. *Glycyrrhiza glabra* mass above ground dynamics on the mean ground level (height interval 1.9–2.4 m)

В 2011 г. по сравнению с 2006 г. биомасса видов *Bolboschoenus maritimus* и *Glycyrrhiza glabra* снизилась в 16 и 7 раз соответственно, масса *Elytrigia repens* снизилась на 20% (рис. 8).

После некоторого увеличения продуктивности *Rubia tatarica* от 1982 к 1996 г. данный вид исчез из травостоя лугов, расположенных в интервале 1.9–2.4 м.

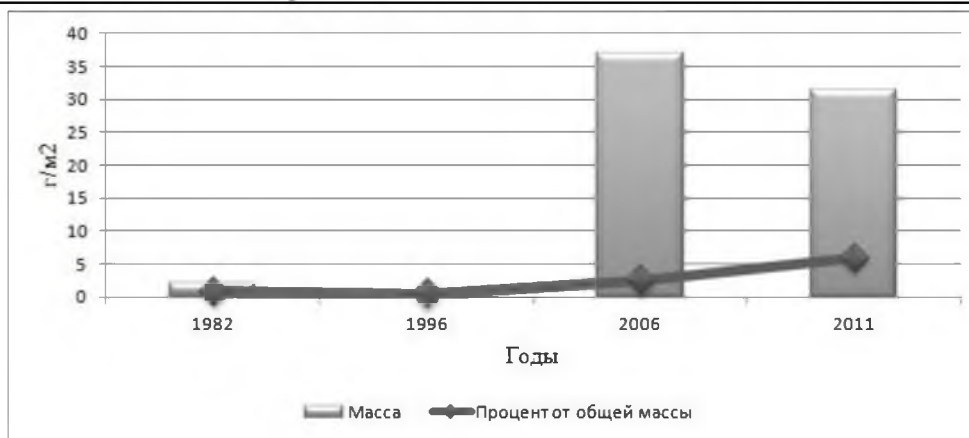


Рис. 8. Динамика надземной массы вида *Elytrigia repens* на лугах среднего уровня (интервал высот 1.9–2.4 м)
Fig. 8. *Elytrigia repens* mass above ground dynamics on the mean ground level (height interval 1.9–2.4 m)

Выводы

Таким образом, в дельте реки Волги заметной является связь между объёмами и сроками весенне-летних половодий и продуктивностью и видовым составом растительности луговых сообществ, в связи с чем регулирование и использование водных ресурсов становится очень сложной управленческой народнохозяйственной проблемой [Голуб и др., 2013].

По результатам ведения мониторинговых исследований в устьевой природной системе реки Волги выделяются два периода с разными тенденциями динамики почвенно-растительного покрова, которые определялись изменениями объёмов водного стока за II квартал. Первый период – период увеличения водности (с начала наблюдений по 2006 г.). За это время произошло значительное рассоление почв лугов среднего уровня (общее количество легкорастворимых солей снизилось на 42%), снижение токсичности почвенного раствора [по: Базилевич, Панкова, 1968] (в три раза) и смена типа засоления с сульфатно-хлоридного на сульфатный, что привело к увеличению продуктивности растительных сообществ. Второй период наблюдается с начала 2006 года и продолжается по настоящее время [Георгиади и др., 2014]. Данный период характеризуется снижением объёмов весенне-летних половодий, некоторым увеличением содержания водорастворимых солей в почвах и возрастанием токсичности [Бармин и др., 2015], в результате чего произошло снижение биологической массы растительности и смена в видовом составе фитоценозов (от мезофитных видов к более ксерофитным).

По результатам мониторинговых исследований было выявлено, что наиболее высокие значения биомассы растительности отмечались в дельте реки Волги при объёме водного стока за II квартал около 115 км³, в связи с чем данный объём половодий следует считать оптимальным для луговых сообществ данного региона. Кроме того, при естественных условиях водного стока маловодные года не повторялись дважды, к чему необходимо стремиться и при осуществлении искусственных пусков воды в нижний бьеф Волгоградского гидроузла [Голуб и др., 2013].

Список литературы References

1. Базилевич Н.И., Панкова Е.И. 1968. Опыт классификации почв по засолению. Почвоведение, (11): 3–15.
Bazilevich N.I., Pankova Ye.I. 1968. The experience of salinization of soil classification. Pochvovedeniye. (11): 3–15. (in Russian)
2. Бармин А.Н., Иолин М.М., Асанова Г.З. 2010. Климатические изменения как фактор влияния на биоценозы дельты р. Волги. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъёмка, (3): 31–34.



Barmin A.N., Iolin M.M., Asanova G.Z. 2010. Climate change as a factor of influence on the delta of the river biocenoses Volga. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aerofotos"yomka*, (3): 31–34. (in Russian)

3. Бармин А.Н., Валов М.В. 2015. Устьевая область реки Волги: интегральная оценка некоторых природных и антропогенных факторов, влияющих на изменение гидрологического режима. *Естественные науки*, (2): 7–15.

Barmin A.N., Valov M.V. 2015. The Volga mouth area of the river: the integrated assessment of some natural and anthropogenic factors affecting the change in the hydrological regime. *Yestestvennyye nauki*, (2): 7–15. (in Russian)

4. Валов М.В., Бармин А.Н., Иолин М.М. 2015а. Результаты многолетнего почвенного мониторинга, проводимого на стационарном профиле в дельте реки Волги. *В кн.: Science in the modern information society V. Proceedings of the Conference (North Charleston, 26–27 January 2015). Vol. 1. North Charleston, SC, USA, CreateSpace: 65–68.*

Valov M.V., Barmin A.N., Iolin M.M. 2015а. The results of long-term soil monitoring carried out on a stationary profile in the delta of the Volga River. *In: Science in the modern information society V. Proceedings of the Conference. (North Charleston, 26–27 January 2015). Vol. 1. North Charleston, SC, USA, CreateSpace: 65–68. (in Russian)*

5. Бармин А.Н., Валов М.В., Иолин М.М. 2015б. Геохимические особенности миграции легкорастворимых солей в почвах лугов низкого уровня дельты реки Волги. *Российский журнал прикладной экологии*, (1): 21–25. (in Russian)

Barmin A.N., Valov M.V., Iolin M.M. 2015б. Geochemical features of migration of soluble salts in soils low meadows of the delta of the Volga River. *Rossiyskiy zhurnal prikladnoy ekologii*, (1): 21–25. (in Russian)

6. Бармин А.Н., Валов М.В., Иолин М.М. 2015в. Особенности галогенеза почв дельты реки Волги на лугах среднего уровня в зависимости от изменения природных условий. *Геология, география и глобальная энергия*, (2): 51–66.

Barmin A.N., Valov M.V., Iolin M.M. 2015в. Features of halogenesis of the Volga River delta soil in meadows average level depending on changes in natural conditions. *Geologiya, geografiya i global'naya energiya [Geology, geography and global energy]*, (2): 51–66. (in Russian)

7. Бармин А.Н., Валов М.В., Шуваев Н.С. 2015. Почвенный покров дельты реки Волги: метеогидрологические изменения как факторы влияния на геохимические особенности миграции легкорастворимых солей. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки*, 32 (15): 145–155.

Barmin A.N., Valov M.V., Shuvayev N.S. 2015. The soil cover of the delta of the Volga River: hydrological meteorological changes as factors of influence on the geochemical characteristics of migration of soluble salts. *Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennyye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences]*, 32 (15): 145–155. (in Russian)

8. Голуб В.Б., Бармин А.Н. 1994. Оценка изменений растительности в средней части дельты реки Волги. *Ботанический журнал*, 79 (10): 84–90.

Golub V.B., Barmin A.N. 1994. Evaluation of changes of vegetation in the middle of the delta of the Volga River. *Botanicheskiy zhurnal*, 79 (10): 84–90. (in Russian)

9. Голуб В.Б., Бармин А.Н. 1995. Некоторые аспекты динамики почвенно-растительного покрова дельты р. Волги. *Экология*, (2): 156–159.

Golub V.B., Barmin A.N. 1995. Some aspects of the dynamics of land cover delta of the Volga. *Ekologiya [Russian Journal of Ecology]*, (2): 156–159. (in Russian)

10. Голуб В.Б., Старичкова К.А., Бармин А.Н., Иолин М.М., Сорокин А.Н., Николайчук Л.Ф. 2013. Оценка динамики растительности в дельте реки Волги. *Аридные экосистемы*, 19 (56): 58–68.

Golub V.B., Starichkova K.A., Barmin A.N., Iolin M.M., Sorokin A.N., Nikolaychuk L.F. 2013. Assessment of the dynamics of vegetation in the delta of the Volga River. *Aridnyye ekosistemy [Arid ecosystems]*, 19 (56): 58–68. (in Russian)

11. Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Милюкова И.П., Кашутина Е.А., Барабанова Е.А. 2014. Современные и сценарные изменения речного стока в бассейнах крупнейших рек России. Часть 2. Бассейны рек Волги и Дона. М., МАКС Пресс, 216.

Georgiadi A.G., Koronkevich N.I., Milyukova I.P., Kashutina Ye.A., Barabanova Ye.A. 2014. *Sovremennyye i stsenarnyye izmeneniya rechnogo stoka v basseynakh krupneyshikh rek Rossii. Chast' 2. Basseyny rek Volgi i Dona [Modern and scenic river flow changes in large river basins of Russia. Part 2. River basins of the Volga and the Don]. Moscow, MAKS Press, 216. (in Russian)*

12. Старичкова К.А., Голуб В.Б., Бармин А.Н., Иолин М.М., Сорокин А.Н. 2012. Оценка изменений растительности в средней части восточной дельты р. Волги. *Динамика флоры. Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева*, (4): 18–24.

Starichkova K.A., Golub V.B., Barmin A.N., Iolin M.M., Sorokin A.N. 2012. Evaluation of changes of vegetation in the middle of the eastern delta. Volga. *The dynamics of the flora. Vestnik Volzhskogo*



universiteta im. V.N. Tatishcheva [Vestnik of Volzhsky University after V.N. Tatishchev], (4): 18–24. (in Russian)

13. Цаценкин И.А. 1962. Растительность и естественные кормовые ресурсы Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волги. *В кн.: Природа и сельское хозяйство Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волги. Сборник научных трудов.* М., Изд-во МГУ: 118–192.

Tsatsenkin I.A. 1962. Vegetation and natural food resources of the Volga-Akhtuba floodplain and delta. *In: Priroda i sel'skoye khozyaystvo Volgo-Akhtubinskoy poymy i del'ty r. Volgi. Sbornik nauchnykh trudov* [Nature and agriculture Volga-Akhtuba floodplain and delta. Volga. Collection of scientific papers]. Moscow, Izd-vo MGU: 118–192. (in Russian)

14. Barmin A.N., Valov M.V., Suvaev N.S., Kolchin E.A. 2015. Concerning global climate change: ninety-year trend of some climatic characteristics in the delta ecotones of the Caspian Sea region. *In: Third Plenary Conference and Field Trip "From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary" (IGCP 610). Proceedings* (Astrakhan, Russia, 22–30 September 2015). Moscow, MSU: 26–29.