Бухарова Екатерина Александровна – ЭТИ (филиал) СГТУ им. Гагарина Ю.А.; e-mail: E.Buharova@bk.ru; 410054б, г. Саратов, ул. Политехническая, 44; тел.: 89372209124; зав. лабораторией «Промышленная экология»; аспирант.

Татаринцева Елена Александровна – e-mail: tatarinceva-elen@mail.ru; тел.: 89173278280; кафедра ЭКОС; к.т.н.; доцент.

Ольшанская Любовь Николаевна – e-mail: ecos_123@mail.ru; кафедра ЭКОС; д.х.н.; профессор.

Bukharova Ekaterina Aleksandrovna – Federal State Budgetary Institution of Higher Professional Education «Saratov State Technical University» (Gagarin Yu.A. SSTU) Engels Technological Institute (branch); e-mail: E.Buharova@bk.ru; 44, Politekhnicheskaya street, Saratov, 410054, Russia; phone: 89372209124; head of analytical laboratory «Industrial ecology»; postgraduate student.

Tatarintseva Elena Aleksandrovna – e-mail: tatarinceva-elen@mail.ru; phone: 89173278280; the department of ecology and protection of environment; cand. of eng. sc.; associate professor.

Olshanskaja Lyubov Nikolaevna – e-mail: ecos_123@mail.ru; the department ecology and protection of environment; dr. of chem. sc.; professor.

УДК 502.55(204):628.19

А.Ю. Гусева, Н.В. Гусакова, В.В. Петров

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭВТРОФИРОВАНИЯ ВОДОЕМА В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

Рассмотрение вопросов, связанных с обеспечением экологической безопасности в регионе, необходимо начинать с построения локальных систем на конкретной территории, позволяющих управлять каждым природным объектом и их совокупностью, влияющих на экологическую ситуацию. При решении проблемы необходимости и степени удаления биогенных веществ из сточных вод в первую очередь следует уделять внимание тому биогенному элементу, который лимитирует эвтрофирование данной водной системы. Чаще всего им оказывается азот или фосфор. Таким образом, целью исследования являлось определение роли азота и фосфора в эвтрофировании. Для этого был проведен анализ литературных источников о многолетних изменениях содержания биогенных веществ и их соотношения в акватории Таганрогского залива Азовского моря, а также экспериментальные исследования сравнительной роли азота и фосфора в эвтрофировании Таганрогского залива. Исследования проведены с использованием разработанной регрессионной модели показателя трофности. В качестве показателей эвтрофирования определялись среднегодовые концентрации нитратов, аммоний иона, фосфатов, а также температура воды, соленость и pH. Сделан вывод о лимитирующем эвтрофировании залива элементе, в настоящее время, подтвержденный как теоретически, так и экспериментально.

Экологическая безопасность; эвтрофирование; Таганрогский залив; азот; фосфор; биогенные вещества; статистическая модель.

A.Yu. Guseva, N.V. Gusakova, V.V. Petrov

EXPERIMENTAL STUDIES IN WATER EUTROPHICATION WITHIN THE REGIONAL ECOLOGICAL SAFETY

The regional ecological safety system should start from creating local systems over a particular territory to control any natural object and its aggregate, having an effect on the environmental conditions. Solving the wastewater biogenic disposal problem, its relevance and level, implies the attention to a biogenic element limiting the hydrologic system eutrophication. Nitrogen or phosphorus turns to be the most typical elements. Thus, the goal of research is to define the

role of nitrogen and phosphorus in the eutrophication. The literature data analysis on the long-term nutrient changes and inter-relations in the Gulf of Taganrog, the Azov Sea was held for the purpose; as well as experimental studies of the contrastive roles of nitrogen and phosphorus within the eutrophication were done involving the developed trophicity regression model. An average annual concentration of nitrates, ammonium ion, phosphates, water temperature, degree of salinity and pH were specified as eutrophication indicators. The element limiting the Gulf eutrophication today is define and, theoretically and experimentally-confirmed.

Ecological safety, eutrophication; the Gulf of Taganrog; nitrogen; phosphorus; nutrients; statistical model.

Введение. При решении проблемы необходимости и степени удаления биогенных веществ из сточных вод в первую очередь следует уделять внимание тому биогенному элементу, который лимитирует эвтрофирование данной водной системы. Для выяснения, какой это элемент, была проведена серия опытов с природной водой из Таганрогского залива.

Объем одной пробы в сосуде составлял 1000 мл. В течение всех серий эксперимента одна проба всегда оставалась контрольной, т.е. оставалась без каких-либо биогенных добавок. В остальные 6 проб добавлялись соединения фосфора (KH_2PO_4) и азота (NH_4Cl).

Были выбраны такие концентрации азота и фосфора, которые бы приблизительно соответствовали атомно-весовому соотношению этих элементов в водоемах. Концентрации фосфатов составили: 1,36 мг/л (проба 1), 1,09 мг/л (проба 2), 0,41 мг/л (проба 3), а азота соответственно: 2,6 7мг/л (проба 4), 1,91 мл/л (проба 5), 1,14 6мг/л (проба 6).

В качестве показателей эвтрофирования определялись среднегодовые концентрации нитратов, аммоний иона, фосфатов, а также температура воды, соленость и pH. Данные компоненты соответствуют полученной ранее регрессионной модели эвтрофирования Таганрогского залива:

$$T_{стат.} = 6{,}294+0{,}104[‰]+0{,}114[t]-1{,}06[NH^{+}_{4}]+0{,}021[NO_3]-0{,}929[P],$$

где [‰] – соленость, ‰; [t] – температура воды, ^{0}C; $[NH^{+}_{4}]$ – концентрация азота аммонийного, мг/л, $[NO_3]$ – концентрация нитратов, мг/л, [P] – концентрация фосфорсодержащих соединений, мг/л.

Было проведено три серии опытов. Одна серия включает в себя ежедневное измерение указанных показателей в течение 5 дней. Таким образом, одна серия проб включает в себя 235 измерений, общее количество измерений – 735. Примеры полученных данных показаны в табл. 1.

Таблица 1

Экспериментальные данные пробы природной воды от 14.07.2014г.

Показатель/Время	‰	t	NH4	NO3	PO4	NO2	pH	$T_{эксп}$
1 день	1,9	22,0	0,157	0,269	0,211	0,031	8,71	8,64
2 день	1,8	22,0	0,145	0,207	0,206	0,023	8,61	8,65
3 день	1,7	22,0	0,138	0,184	0,190	0,006	8,68	8,66
4 день	1,7	22,0	0,130	0,139	0,164	0,007	8,71	8,69
5 день	1,7	22,0	0,126	0,152	0,141	0,011	8,69	8,72

Результаты исследований показаны на рис. 1–9.

Представленные результаты исследований показывают:

- отсутствие корреляционной зависимости между аммоний ионом и фосфатами во всех исследуемых пробах;
- высокую зависимость показателя трофности от аммоний иона;
- довольно низкую корреляционную зависимость показателя трофности от фосфатов.

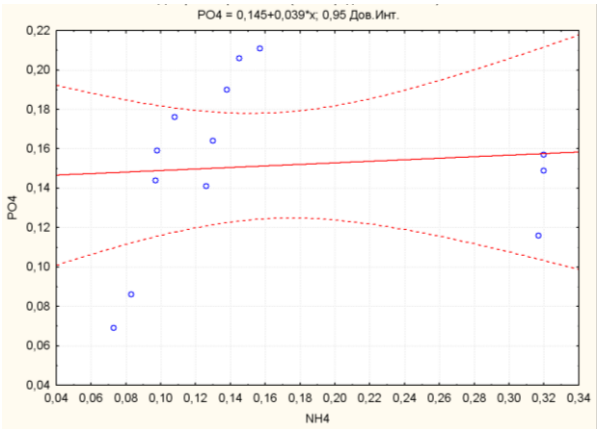


Рис. 1. Зависимость концентрации аммоний иона от концентрации фосфатов в контрольных пробах (R=0,086)

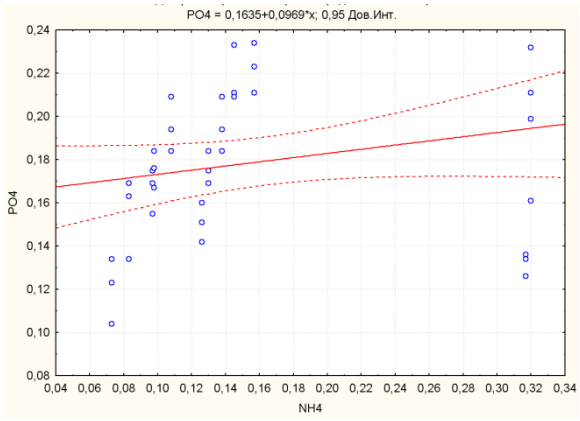


Рис. 2. Зависимость концентрации аммоний иона от концентрации фосфатов в пробах с добавлением фосфатов (R=0,025)

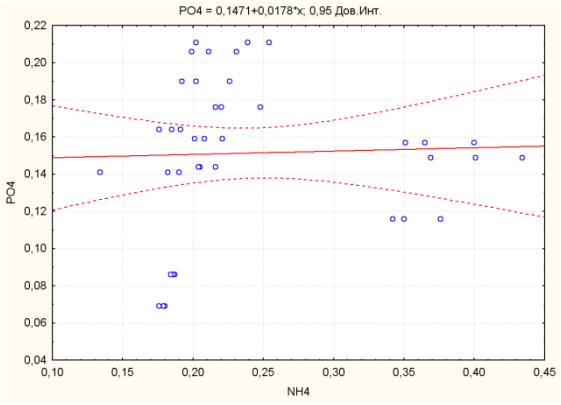


Рис. 3. Зависимость концентрации аммоний иона от концентрации фосфатов в пробах с добавлением аммоний иона (R=0,034)

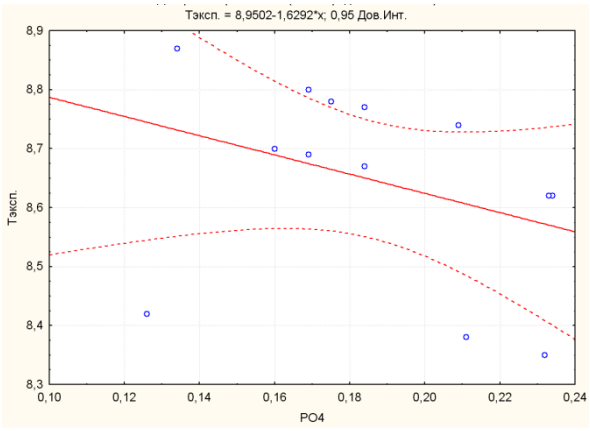


Рис. 4. Зависимость показателя трофности от концентрации фосфатов в пробе 1 (R=0,35)

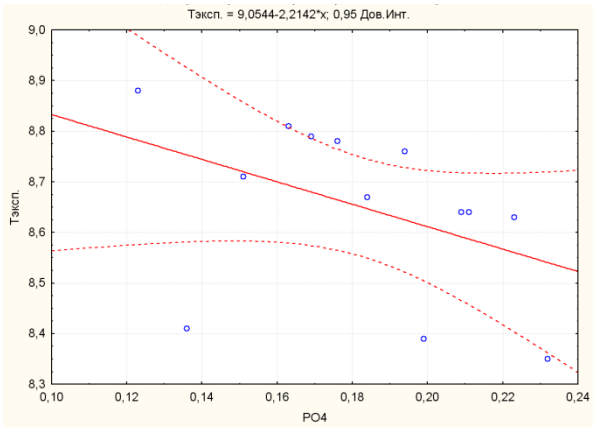


Рис. 5. Зависимость показателя трофности от концентрации фосфатов в пробе 2 (R=0,43)

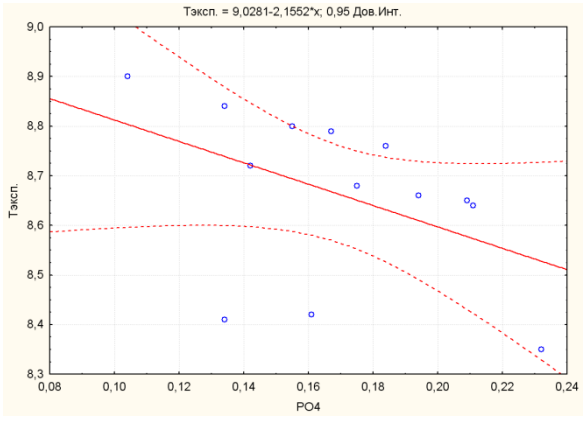


Рис. 6. Зависимость показателя трофности от концентрации фосфатов в пробе 3 (R=0,43)

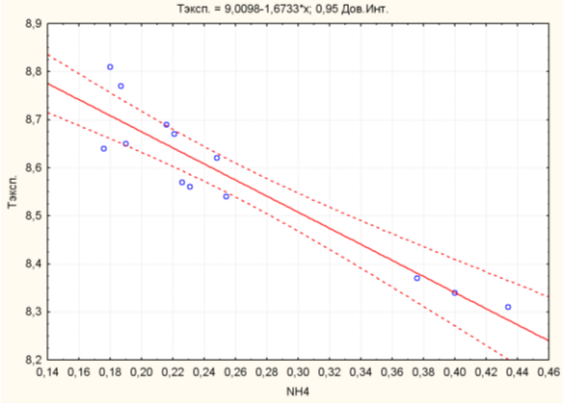


Рис. 7. Зависимость показателя трофности от концентрации фосфатов в пробе 4 (R=0,94)

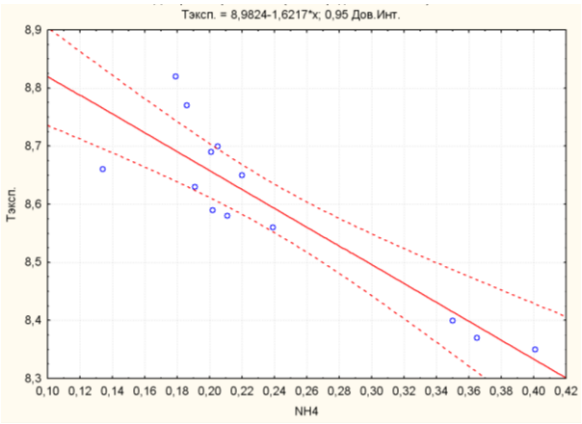


Рис. 8. Зависимость показателя трофности от концентрации фосфатов в пробе 5 (R=0,90)

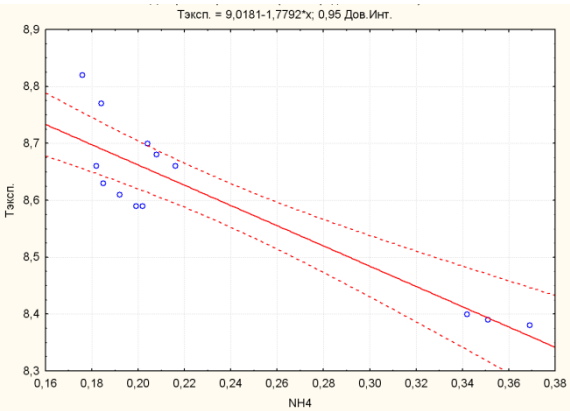


Рис. 9. Зависимость показателя трофности от концентрации фосфатов в пробе 6 (R=0,90)

Далее для сравнительной оценки влияния азота и фосфора на скорость эвтрофирования рассчитали изменение показателя в опытах относительно контроля (эффект влияния биогенных добавок):

$$Э = \frac{Топ. - Тконтр.}{Тконтр.} \cdot 100\%,$$

где Э – эффект влияния биогенных добавок, %; Топ. и Тконтр. – величина показателя трофности в опыте и контрольной пробе соответственно.

Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Эффект влияния биогенных добавок на скорость эвтрофирования

KH_2PO_4		NH_4Cl	
[P], мг/л	Э,%	[N], мг/л	Э,%
1,36	– 0,39	2,67	– 1,13
1,09	– 0,35	1,91	– 0,90
0,41	– 0,22	1,146	– 0,79
Среднее	– 0,32	Среднее	– 0,94

Таким образом, становится очевидно, что эффект влияния азота в три раза выше эффекта влияния фосфора.

На основе проведенных исследований можно сделать вывод о том, что для Таганрогского залива в настоящее время характерна доминирующая роль азота в эвтрофировании.

Необходимо отметить, что многолетние изменения концентраций азота и фосфора в Таганрогском заливе описаны Матишовым, Гаргопой [1, 2, 3] и Александровой [4, 5]. Выполненный ими сравнительный анализ многолетних колебаний биогенных веществ в водах Азовского моря показал наличие различных соотношений содержания соединений азота и фосфора. Так, периоды с повышенным содержанием соединений азота, как правило, отличаются многоводностью, пониженной ветровой активностью и повышенным температурным фоном. Колебания содержания фосфора зависят от притока пресных вод. Концентрация фосфора сравнительно резко уменьшается в маловодные годы и столь же существенно увеличивается в многоводные. В отличие от соединений азота, ветровая активность над акваторией и повышенный температурный фон оказывают прямое воздействие на увеличение количества соединений общего фосфора в воде.

По данным Макарова [6], исследовавшего концентрации азота и фосфора в Азовском море в 1952–1995 гг., отмечен рост концентрации минерального фосфора, достаточно резко выраженный именно для Таганрогского залива.

По данным Александровой [4, 5], анализировавшей режим биогенных веществ в 1988–2000 гг., вследствие интенсивного усвоения нитратов фитопланктоном их содержание в море за 1996–2000 гг. резко сократилось. В Таганрогском заливе, по ее мнению, данное явление обусловлено биологическими факторами и ослаблением антропогенного воздействия, тогда как в годы, характеризующиеся развитием производства и масштабным применением агрохимикатов (1985–1990), количество нитратов было в несколько раз выше. Тенденция к снижению концентрации фосфатов появилась несколько позднее (с 1997), когда их содержание сократилось в 1,3 раза относительно первой половины 90-х годов. При этом приток биогенных элементов с речным стоком, несмотря на его некоторый рост, практически остался на прежнем уровне, что, видимо, связано с уменьшением их концентрации в речных водах вследствие снижения воздействия факторов антропогенного происхождения.

По данным Матишова [1], меньшая согласованность между многолетними колебаниями биогенных веществ, речным стоком и соленостью Азовского моря объясняется произошедшими в конце XX в. резкими изменениями климатообразующих процессов в атмосфере в целом, ветровых и термических полей в частности, а также степени влияния их на элементы водного баланса и океанографические параметры.

По данным Студеникиной [7], исследовавшей содержание биогенов в Азовском море и Таганрогском заливе в частности в 1958–1998 гг., концентрация минерального азота увеличилась в 2 раза в 1958–1987 гг., а затем в 1,9 раз уменьшилась в 1988–1998 гг. Концентрация минерального фосфора в указанный период выросла вдвое. Для отношения азота к фосфору характерно понижение в 2–3 раза.

Заключение. Таким образом, проведенный анализ показал неоднородность изменения многолетних концентраций азота и фосфора в Таганрогском заливе, что позволяет говорить о переменной значимости их влияния на эвтрофирование.

Проведенный нами анализ последнего десятилетия (2002–2012) [8, 9], построенная статистическая модель, проведенные экспериментальные исследования позволяют сделать вывод о том, что в настоящее время лимитирующим фактором эвтрофирования Таганрогского залива является азот.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Матишов Г.Г., Гаргопа Ю.М., Бердников С.В., Дженюк С.Л.* Закономерности экосистемных процессов в Азовском море. – М., 2005. – 301 с.
2. *Матишов Г.Г., Абраменко М.И., Гаргопа Ю.М., Буфетова М.В*. Новейшие экологические феномены в Азовском море (вторая половина XX века). – Апатиты: КНЦ РАН, 2003. – 441 с.
3. *Кукса В.И., Гаргопа Ю.М.* Современная оценка гидрологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря // Водные ресурсы. – 2004. – Т. 31, № 4. – С. 489-497.
4. *Александрова З.В., Баскатова Т.Е*. Оценка тенденций изменения химических основ биологической продуктивности Азовского моря в современный период // Сборник научных трудов “Основные проблемы рыболовного хозяйства и охрана рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна”. – М.: Национальные рыбные ресурсы, 2002. – С. 26-37.
5. *Александрова З.В., Баскатова Т.Е., Макаров Э.В.* Оценка показателей эвтрофирования Азовского моря с применением многомерного анализа // Сборник научных трудов ”Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азовского бассейна”. – Ростов-на-Дону: АзНИИРХ, 1996.
6. *Макаров Э.В., Семенов А.Д., Александрова З.В. и др*. Особенности гидрохимического режима Азовского моря в 1985-1995 гг. // Сборник научных трудов “Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна”. – Ростов-на-Дону: Молот, 1998. – С. 13-26.
7. *Студеникина Е.И., Алдакимова А.Я., Губина Г.С.* Фитопланктон Азовского моря в условиях антропогенных воздействий. – Ростов-на-Дону: Эверест, 1999. – 175 с.
8. *Гусева А.Ю.* Расчет экологически допустимых концентраций биогенов в Таганрогском заливе Азовского моря на основе разработанной модели эвтрофирования // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 9 (146). – С. 240-245.
9. *Петров В.В., Плуготаренко Н.К., Корикова Н.О., Гусева А.Ю.* Отчет о научно-исследовательской работе по теме: «Исследование процессов миграции и трансформации биогенов и тяжелых металлов в урбоэкосистеме» / Внутренний грант ЮФУ, 2013.
10. *Gusakova N.V.Guseva A.Yu.* Development of the model for determining of the trophic status of shallow-water reservoir / Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 838-841. – P. 2578-2581 © (2014) Trans Tech Publications, Switzerland /www.scientific.net/AMR.838-841.2578.

REFERENCES

1. *Matishov G.G., Gargopa Yu.M., Berdnikov S.V., Dzhenyuk S.L*. Zakonomernosti ekosistemnykh protsessov v Azovskom more [Patterns of ecosystem processes in the sea of Azov]. Moscow, 2005, 301 p.
2. *Matishov G.G., Abramenko M.I., Gargopa Yu.M., Bufetova M.V.* Noveyshie ekologiche-skie fenomeny v Azovskom more (vtoraya polovina XX veka) [The latest environmental phenomena in the sea of Azov (the second half of the XX century)]. Apatity: KNTs RAN, 2003, 441 p.
3. *Kuksa V.I., Gargopa Yu.M.* Sovremennaya otsenka gidrologicheskikh usloviy formirovaniya bioproduktivnosti Azovskogo morya [Modern evaluation of the hydrological conditions of formation of biological productivity of the sea of Azov], *Vodnye resursy* [Water Resources], 2004, Vol. 31, No. 4, pp. 489-497.
4. *Aleksandrova Z.V., Baskatova T.E.* Otsenka tendentsiy izmeneniya khimicheskikh osnov biologicheskoy produktivnosti Azovskogo morya v sovremennyy period [Assessment of trends in the chemical bases of biological productivity of the sea of Azov in the modern period], *Sbornik nauchnykh trudov "Osnovnye problemy rybolovnogo khozyaystva i okhrana rybokhozyaystvennykh vodoemov Azovo-chernomorskogo basseyna"* [Proceedings of the "Main problems of fisheries and protection of the fisheries waters of the Azov-black sea basin"]. Moscow: Natsional'nye rybnye resursy, 2002, pp. 26-37.
5. *Aleksandrova Z.V., Baskatova T.E., Makarov E.V*. Otsenka pokazateley evtrofirovaniya Azovskogo morya s primeneniem mnogomernogo analiza [Performance assessment of the eutrophication of the sea of Azov with the use of multivariate analysis], *Sbornik nauchnykh trudov "Osnovnye problemy rybnogo khozyaystva i okhrany rybokhozyaystvennykh vodoemov Azovskogo basseyna"* [Proceedings of the "Main problems of fisheries and protection of the fisheries waters of the Azov-black sea basin"]. Rostov-on-Don: AzNIIRKh, 1996.
6. *Makarov E.V., Semenov A.D., Aleksandrova Z.V. i dr.* Osobennosti gidrokhimicheskogo rezhima Azovskogo morya v 1985-1995 gg. [Features of hydrochemical regime of the sea of Azov in the years 1985-1995], *Sbornik nauchnykh trudov "Osnovnye problemy rybnogo khozyaystva i okhrany rybokhozyaystvennykh vodoemov Azovskogo basseyna"* [Proceedings of the "Main problems of fisheries and protection of the fisheries waters of the Azov-black sea basin"]. Rostov-on-Don: Molot, 1998, pp. 13-26.
7. *Studenikina E.I., Aldakimova A.Ya., Gubina G.S.* Fitoplankton Azovskogo morya v usloviyakh antropogennykh vozdeystviy [Phytoplankton of the sea of Azov in the conditions of anthropogenic impacts]. Rostov-on-Don: Everest, 1999, 175 p.
8. *Guseva A.Yu*. Raschet ekologicheski dopustimykh kontsentratsiy biogenov v Taganrogskom zalive Azovskogo morya na osnove razrabotannoy modeli evtrofirovaniya [Calculation of permissible concentrations of nutrients in the Taganrog Bay of the Azov sea on the basis of the developed model of eutrophication], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2013, No. 9 (146), pp. 240-245.
9. *Petrov V.V., Plugotarenko N.K., Korikova N.O., Guseva A.Yu.* Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote po teme: «Issledovanie protsessov migratsii i transformatsii biogenov i tyazhelykh metallov v urboekosisteme», *Vnutrenniy grant YuFU, 2013* [Report on the research work on the theme: "Research of processes of migration and transformation of nutrients and heavy metals in uzbekistane", Internal grant SFU, 2013].
10. *Gusakova N.V.Guseva A.Yu.* Development of the model for determining of the trophic status of shallow-water reservoir, *Advanced Materials Research*, 2014, Vol. 838-841, pp. 2578-2581 © (2014) Trans Tech Publications, Switzerland Available at: /www.scientific.net/AMR.838-841.2578.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Н.И. Витиска.

Гусева Алена Юрьевна – Южный федеральный университет; e-mail: soleils@bk.ru; 347928, г. Таганрог, ул. Чехова, 2; тел.: +78634371624; кафедра техносферной безопасности, экологии и химии; аспирантка.

Гусакова Наталья Владимировна – кафедра техносферной безопасности, экологии и химии; к.п.н.; доцент.

Петров Виктор Владимирович – e-mail: vvp2005@inbox.ru; Институт управления в экономических, экологических и социальных системах; директор института; д.т.н.; профессор.

Guseva Alena Yurievna – Southeren Federal University; e-mail: soleils@bk.ru; 2, Chehova street, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371624; the department of technospheric safety, ecology and chemistry; postgraduate student.

Gusakova Natalia Vladimirovna – the department of technospheric safety, ecology and chemistry; cand. of ped. sc.; associate professor

Petrov Viktor Vladimirovich – e-mail: vvp2005@inbox.ru; Institute of management in economic, environmental and social systems; director of institute; dr. of eng. sc.; professor.

УДК 699:694

М.М. Альменбаев, О.В. Арцыбашева, Р.М. Асеева, Ж.К. Макишев, В.А. Москалев, Б.Б. Серков, А.Б. Сивенков

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ОБУГЛИВАНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛИТЕЛЬНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ

Представлены результаты исследования параметров обугливания деревянных конструкций длительного срока эксплуатации в условиях различных температурных режимов огневого воздействия. Установлено существенное влияние продолжительности эксплуатации деревянных конструкций на значения скорости обугливания. Процесс естественного или искусственного старения древесины, как показывают результаты многочисленных исследований, не является одинаковым для разных пород древесины и условий эксплуатации, пока не поддается простейшему описанию и прогнозированию. Показано, что в процессе естественного старения химический состав древесины изменяется за счет легкогидролизуемых олиго- и полисахаридов, а также веществ, входящих в экстрактивную компоненту древесины. Эти изменения приводят к увеличению скорости обугливания древесины, что неизбежно отражается на снижении огнестойкости деревянных конструкций. Полученные результаты исследований в дальнейшем могут быть использованы в расчетных методиках оценки огнестойкости деревянных конструкций, теплотехнических расчетах прогрева деревянных конструкций, моделировании динамики развития горения и интенсивности нарастания опасных факторов пожара на объектах из древесины.

Деревянные конструкции; срок эксплуатации; обугливание; скорость обугливания; температурный режим пожара.

M.M. Almenbaev, O.V. Artsybasheva, R.M. Aseeva, J.K. Makishev, V.A. Moskaliev, B.B. Serkov, A.B. Sivenkov

STUDY OF THE CHARRING RATE FOR LONG-LIFE WOODEN CONSTRUCTIONS

The article depicts results obtained in experimental studies of charring for long-life wooden constructions under various temperature conditions of flame impingement. The essential effect of wooden constructions running time on the charring rate is found. The natural or artificial wood aging, according to the research results, being not identical for different timber species and operating conditions, defies the simplest description and forecasting. It is shown that during the natural aging the chemical wood composition transforms by oligosaccharides and polysaccharides sensitive to hydrolysis, as well as by materialsfound inan extractive wood component. The above transformationsresult inthe charringrate increaseinevitably impacting on the incombustibility of wooden constructions. The obtained research findings can be further used to estimatea fire-resistant property for wooden constructions, to perform thermotechnical calculations of wooden construction heating, to simulate the combustion dynamics and the increase rate of fire hazards on woodenobjects.

Wooden constructions; lifetime; charring; charringrate; fire temperature conditions.