

Физиологические механизмы формирования адаптивных реакций организма коренных жителей Арктики в зимний период

О.Н. Колосова*, Е.А. Бельчусова**, Е.Н. Николаева**

*Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск

**Медицинский институт Северо-Восточного федерального университета, г. Якутск

На основе результатов собственных исследований анализируются особенности физиологических механизмов формирования неспецифических адаптивных реакций (НАР) организма мужчин-эвенков, постоянно проживающих на территории Оленёкского эвенкийского национального района, в различных возрастных группах. Исследование проведено в зимние месяцы (декабрь – февраль) 2013/2014 г. в период полярной ночи. У мужчин-эвенков выявлены два возрастных периода с максимальными пиками неблагоприятных адаптивных реакций: ранний взрослый возраст (В2; 25–34 лет) и поздний взрослый возраст (В4; 51–64 лет) с разными физиологическими механизмами их формирования: в группе В2 за счет усиления дублирования адаптационными процессами со стороны центральной регуляции (межсистемный тип регуляции); в группе В4 за счет внутрисистемных перестроек, усиления тонуса симпатического отдела ВНС.

Ключевые слова: Арктика, коренные малочисленные народы, хронофизиология, адаптация, экология, стресс, вариабельность сердечного ритма, неспецифические адаптивные реакции.

On the basis of a special study of blood and cardiac rhythm the features of physiological mechanisms of formation of the nonspecific adaptive reactions (NAR) of an organism of Evenki men constantly living in the territory of the Oleneksky Evenki national district in various age groups are analyzed. The study was conducted in winter months (December-February) 2013-2014 during the polar night season. Two age periods with the maximum peaks of adverse adaptive reactions of the Evenki men are revealed: early adult age (B2; 25-34 years old) and late adult age (B4; 51-64 years old) with different physiological mechanisms of formation. In B2 group the peak of the reactions is caused by strengthening of duplication by adaptation processes from the central regulation (intersystem type of regulation). In B4 group the peak is stipulated by the intrasystem reorganizations and strengthening of a tone of the sympathetic nervous system.

Key words: Arctic, indigenous ethnic groups, chronophysiology, adaptation, ecology, stress, variability of a cardiac rhythm, nonspecific adaptive reactions.

Известно, что экстремальные климато-географические и гелиогеофизические условия, характерные для Арктики (холод, резкие перепады метеорологических факторов, специфический ярко выраженный фотопериодизм, повышенная геомагнитная активность, отрицательный радиационный баланс, интенсивная циклоническая деятельность и т.д.), определяют развитие ряда особенностей функционирования организма человека, прибывшего в этот регион [1,10,14]. К таким особенностям можно отнести «полярный метаболический тип», который обуславливает приспособление организма человека

к экстремальным факторам, снижая риск развития метаболически обусловленных заболеваний, «синдром полярного напряжения» и «синдром психоэмоционального напряжения», определяющий быструю перестройку и мобилизацию психофизиологических процессов при акклиматизации [8,13,16,19].

У коренных малочисленных народов Севера в процессе эволюции сформировались необратимые конституционально-морфологические параметры и обратимые функциональные перестройки, которые наиболее адекватны как климатическим условиям, так и этнической принадлежности. Такой комплекс специфических функциональных, биохимических и морфологических параметров, составляющий своеобразный «эколого-физиологический портрет» коренных малочисленных народов [1,4,11], считается «вариантом нормы» для северных широт и в то же время указывает на наличие экологического напряжения организма [7].

*КОЛОСОВА Ольга Николаевна – д.б.н., проф., в.н.с., kololgonik@gmail.com; **БЕЛЬЧУСОВА Елена Александровна – аспирант, belchusova@mail.ru; **НИКОЛАЕВА Евгения Николаевна – к.б.н., доцент, evgeniaschacte@mail.ru.

В экстремальных условиях арктического региона на человека влияют различные не только по природе, но и по интенсивности факторы внешней среды и поэтому в организме постоянно происходят перестройки, которые должны активизировать и в то же время минимизировать расходы в соответствии с потребностями метаболизма. Известно, что в ответ на сильный и сверхсильный раздражители в живом организме развиваются стресс, который является общей неспецифической адаптивной реакцией [17], и реакция переактивации (ПА), биологический смысл которой заключается в попытке сохранить активное состояние организма в ответ на непосильную нагрузку без «сброса» в стресс [6]. Необходимо отметить, что не только на сильные внешние воздействия, но и на воздействия слабой и средней интенсивности в организме развиваются НАР, количественно выражающиеся в комплексе изменений в организме, направленных на сохранение гомеостаза. На слабые раздражители организм отвечает реакцией тренировки (РТ), на факторы средней интенсивности развиваются реакции активации: спокойной активации (РСА) и повышенной активации (РПА).

В связи с интенсивным освоением северных широт все более усиливающееся техногенное воздействие и изменяющиеся на этом фоне социальные условия, обуславливая развитие адаптивных перестроек в организме малочисленных народов, приводят к чрезмерной активации компенсаторно-приспособительных систем (КПС) и истощению резервных возможностей организма [2,9,11]. Оптимальная работа КПС организма регулируется вегетативной нервной системой, представленной симпатическим и парасимпатическим отделами, а также нейрогуморальной системой. Успешность адаптационного процесса проявляется в изменениях, направленных на сохранение или восстановление равновесия между организмом и окружающей средой, развитием благоприятной НАР. Известно, что генетически закрепленные адаптивные механизмы особенно ярко проявляются в процессе онтогенеза и зависят от условий проживания [1,10,18]. В связи с этим актуальными становятся исследования, направленные на выявление фенотипических проявлений генетически заложенных механизмов адаптивных реакций в различных возрастных группах одного этноса, проживающего длительное время на территории арктического региона. Немаловажное значение имеет изучение состояния адаптивных процессов в организме человека в условиях Арктики в хронобиологическом аспекте, поскольку в различные периоды года (зима – лето) специфический фотопериодизм (полярная ночь – поляр-

ный день) является одной из причин формирования адекватных перестроек обменных процессов и оказывает серьезное влияние на функционирование организма. Особый вклад в адаптивный процесс, вероятно, вносит своеобразный конфликт (особенно зимой) между социальными условиями жизнедеятельности и естественным хронофизиологическим ходом физиологических процессов.

Цель настоящего исследования – выявление возрастных особенностей состояния физиологических механизмов формирования неспецифических адаптивных реакций организма мужчин коренной национальности (эвенков), постоянно проживающих в условиях Арктики в зимний период.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: 1 – изучить возрастные изменения состояния неспецифических адаптивных реакций организма мужчин-эвенков (МЭ) в зимний период; 2 – изучить состояние вегетативной регуляции функций и индекса напряжения функционирования регуляторных систем организма МЭ зимой и их роль в формировании НАР организма МЭ в возрастном аспекте.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования были мужчины добровольцы (n = 180), постоянно проживающие на территории Оленёкского эвенкийского национального района, представители малочисленных народов Севера – эвенки, условно здоровые, не болевшие в течение последних 2–3 месяцев. Исследование проведено в зимний период (декабрь–февраль) в 2013/2014 г. При проведении исследований было сформировано несколько возрастных групп. Детский период представлен группой Д (14–17 лет), взрослый возрастной период – 5 группами: В1 (18–24 лет), В2 (25–34 лет), В3 (35–50 лет), В4 (51–64 лет) и В5 (65–78 лет).

Забор периферической крови проводили с 8 до 9 утра натощак. Определение типов НАР организма и уровня реактивности (УР) организма проводили по методу Л.Х.Гаркави с соавт. [5]. К антистрессорным, благоприятным реакциям, с точки зрения адаптации, отражающим нормальное состояние здоровья, относятся РТ, РСА и РПА на высоких УР организма. Неблагоприятные реакции представлены реакциями переактивации (РП) и стресса (РС), а также РТ, РСА и РПА на низких и средних УР организма [6].

Для оценки вегетативной регуляции использовали метод анализа variability сердечного ритма (ВСР) по [3]. Исследование проводилось на аппаратно-программном комплексе

«ВНС-Микро» компании «Нейрософт» (Иваново) в течение 5 мин в положении лёжа утром. Используя анализ ВСР, основанный на обработке данных о распределении кардиоинтервалов, определяли индекс напряжения регуляторных систем (Stress Index – SI), который отражает степень централизации управления ритмом сердца. Методом выявления скрытой периодичности динамического ряда кардиоинтервалов определяли мощности спектра в диапазонах:

1. Высокие частоты (High Frequency – HF) – 0,15–0,40 Гц.

2. Низкие частоты (Low Frequency – LF) – 0,04–0,15 Гц.

3. Очень низкие частоты (Very Low Frequency – VLF) – 0,003–0,04 Гц.

Проведенное исследование основано на простой случайной выборке. Хранение результатов исследования и первичная обработка материала осуществлялись в оригинальной базе данных Microsoft Excel 2007. Статистическая обработка проведена общепринятыми методами с пакетом «SPSS 10», с использованием которого проведен корреляционный анализ по Spearman's, критерий Фишера был взят при одномерном дисперсионном анализе. Проверка законов нормального распределения сделана с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. По каждой группе данных вычислялись средние величины (M), стандартная ошибка средней (m), стандартное отклонение (SD) и 95% доверительный интервал.

Исследование проводилось в полном соответствии с этическими рекомендациями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации и Основами законодательства РФ об охране здоровья граждан (1993 г.).

Результаты и обсуждение

Полученные результаты изучения состояния адаптационных процессов организма коренных малочисленных этносов арктического региона в период полярной ночи независимо от возраста свидетельствуют о том, что у более чем половины МЭ (54%) выявляется в организме высокий уровень реактивности, обеспечивающий возможность быстрой мобилизации функций и адекватной ответной реакции организма в ответ на внешние воздействия (рис.1).

На фоне этого обнаруживается достаточно высокий процент людей (30%), находящихся в состоянии низкого уровня реактивности, характеризующегося преобладанием тормозных процессов в организме, как на уровне центральной нервной системы (ЦНС), так и на периферии, организм которых оказывается неспособным к развитию адекватной, быстрой ответной приспособительной реакции. Неблагоприятные ти-

пы НАР (РС и РП) организма МЭ составляют 14%. Несмотря на высокий процент МЭ, имеющих благоприятные НАР (РТ, РСА и РПА) (86%), с учетом того, что 30% из них протекают на низком УР, можно говорить о том, что еще у 35% человек в организме наблюдается раскогласование функционирования подсистем организма, что является причиной напряженности адаптивных систем.

Более подробное исследование структуры адаптивных реакций организма проведено в 6 возрастных группах (рис.2).

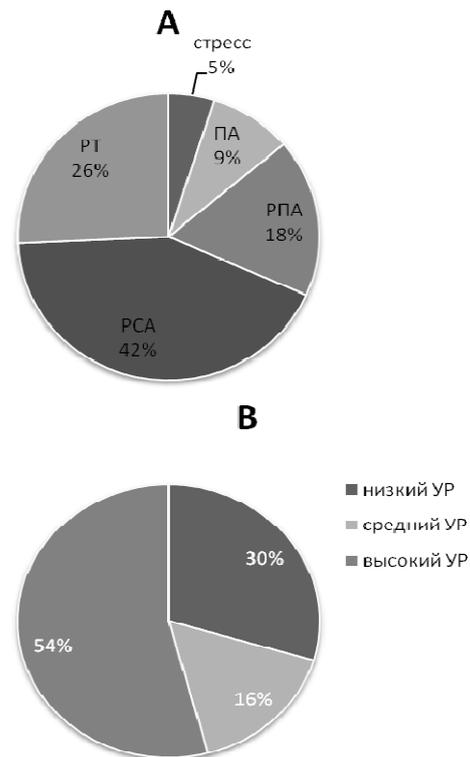


Рис. 1. Структура типов НАР (А) и УР (В) организма мужчин-эвенков (n=180)

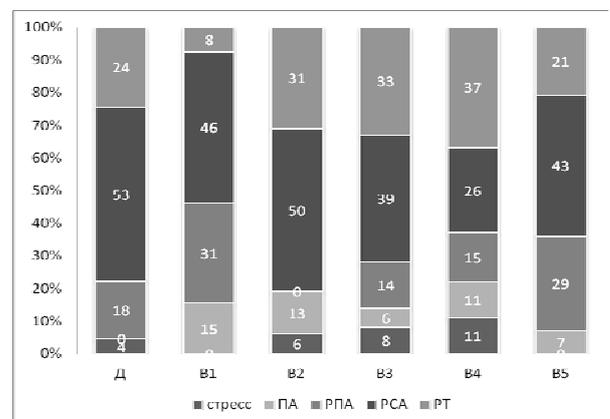


Рис. 2. Структура НАР организма мужчин-эвенков (n=180) в исследуемых возрастных группах: Д (14–17 лет), В1 (18–24 лет), В2 (25–34 лет), В3 (35–50 лет), В4 (51–64 лет), В5 (65–78 лет)

В результате проведенных исследований стресс был выявлен в нескольких возрастных группах: в детском (подростковом) (4%) и зрелом периодах (B2 – B4). В направлении от раннего зрелого возраста (B2; 6%) к позднему зрелому возрасту (B4; 11%) происходит увеличение доли МЭ, находящихся в РС, в 1,83 раза ($p < 0,05$). В этом же возрастном направлении от B2 до B4 происходит повышение в 1,97 раза ($p < 0,05$) количества людей с низким УР (рис.3). Стресс, выявляемый у МЭ, развивается в основном на низком уровне реактивности, что свидетельствует о значительной, можно даже сказать,

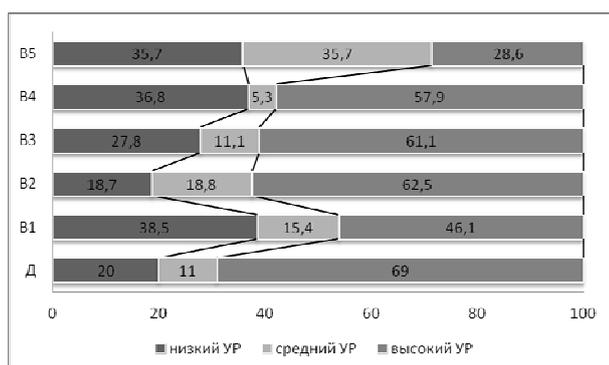


Рис. 3. Уровень реактивности организма мужчин-эвенков ($n=180$) в исследуемых возрастных группах: Д (14–17 лет), B1 (18–24 лет), B2 (25–34 лет), B3 (35–50 лет), B4 (51–64 лет), B5 (65–78 лет)

разрушительной десинхронизации функций. В этих условиях выраженное неблагоприятное течение адаптивных процессов протекает с быстрым истощением пластических и энергетических ресурсов организма, с преобладанием процессов катаболизма и подавлением восстановительных функций, происходит значительное снижение неспецифической резистентности организма [6].

При стрессе отмечается снижение уровня эндогенного этанола в крови, что может стать одной из причин алкоголизации и изменений, происходящих в психоэмоциональной сфере: подавленность, депрессия или, наоборот, агрессивность с высокой тревожностью [20].

Зимой в период полярной ночи у мужчин-эвенков выявляются два возрастных периода с пиками неблагоприятных НАР (РП+РС) – B2 (25 – 34 лет) и B4 (51 – 64 лет) (рис.4). Максимальная акрофаза обнаруживается в позднем взрослом возрасте (B4), когда в 11% случаях организм МЭ находится в РС и еще у 11% человек развивается РП. Реакция переактивации характеризуется чрезмерной генерализацией возбуждательных процессов в ЦНС, в результате чего значительно повышается скорость расходования энергетических субстратов, что приво-

дит к развитию запредельного торможения, отмечается гиперсинхронизация деятельности подсистем, увеличивающая возможность их неожиданного срыва, на фоне активации метаболических процессов снижается скорость синтеза энергетических субстратов [6].

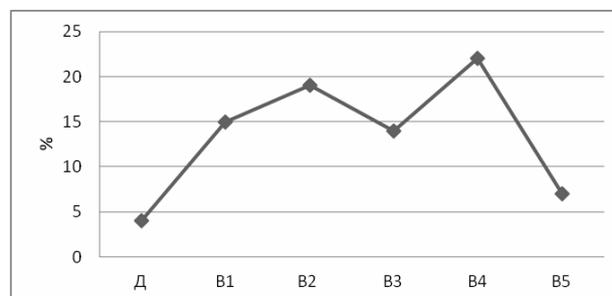


Рис. 4. Динамика неблагоприятных НАР организма мужчин-эвенков ($n = 180$) в исследуемых возрастных группах: Д (14–17 лет), B1 (18–24 лет), B2 (25–34 лет), B3 (35–50 лет), B4 (51–64 лет), B5 (65–78 лет)

В детском (подростковом) возрасте (Д) большой процент лиц, находящихся в состоянии активации (53% РСА и 18% РПА), что свидетельствует о повышении активности регуляторных и защитных подсистем организма, преобладании процессов анаболизма на фоне умеренных энергозатрат, что является основой благополучного течения адаптационных процессов. При этом зимой почти у каждого четвертого подростка (25%) выявляется РТ, характеризующаяся наличием охранительного торможения в ЦНС, снижением скорости катаболических процессов, накоплением и сохранением пластических и энергетических резервов организма. Если в других (взрослых) возрастных периодах данная НАР связана с антистрессорными восстановительными реакциями, то в группе Д, когда происходят интенсивный физический рост, усиленное психическое развитие, активная перестройка нейрогуморальных регуляторных процессов, РТ свидетельствует о снижении адаптационного потенциала [6].

Поскольку, как предполагается, мобилизация энергетических резервов и развитие соответствующих НАР в организме происходят в результате изменения уровня активности регуляторных систем, проведено исследование индекса напряженности (ИН) регуляторных систем МЭ во взрослых возрастных группах в зимний период (рис.5). Так как в норме у здорового человека в средней полосе России в спокойном состоянии величина ИН составляет 60 – 120 у.е, то в условиях Арктики в период полярной ночи в трех возрастных группах (B2, B3 и B4) она достоверно ($p < 0,05$) выше нормативных показателей [3,15]. Высокое напряжение состояния ре-

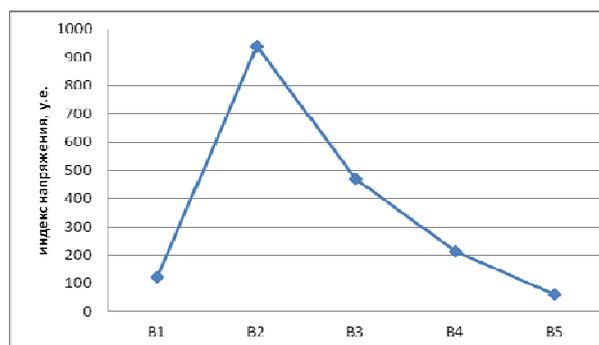


Рис. 5. Величина индекса напряженности регуляторных систем организма мужчин-эвенков в исследуемых взрослых возрастных группах: B1 (18–24 лет), B2 (25–34 лет), B3 (35–50 лет), B4 (51–64 лет), B5 (65–78 лет). Достоверность разницы средних величин ИН между группами – $p < 0,05$

гуляторных систем в организме МЭ формирует неблагоприятные НАР – во взрослом возрасте именно в этих группах выявляется стресс.

Акрофаза ИН приходится на возрастную группу B2, причем уровень напряженности регуляторных систем по сравнению с B1 увеличивается достоверно ($p < 0,01$) более, чем в 7,7 раз.

Физиологические механизмы формирования одного из пиков неблагоприятных НАР (рис.4), приходящегося на возрастную категорию от 25 до 34 лет (B2), связаны с усилением дублирования адаптационными процессами со стороны центральной регуляции [3,12]. Это отмечается в тех случаях, когда организм при возникновении состояния напряжения регуляторных систем постоянно испытывает дефицит функциональных резервов. Полученные результаты по выявлению спектра регуляции функций у МЭ свидетельствуют о том, что в возрастной группе B2 почти 47% занимает диапазон очень низких частот (VLF%). Мощность данного диапазона связывают с центральной нейрогуморальной регуляцией, который соответствует третьему, самому высокому, неэкономному уровню активности – уровню центрального, межсистемного управления, что и обуславливает наиболее высокий уровень ИН.

В основе формирования второго самого высокого пика неблагоприятных НАР (B4) лежат несколько иные механизмы, в частности, это связано с усилением тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы у МЭ в зимний период (рис.6). Повышается мощность диапазона низких частот (LF%), что является маркером активации симпатической нервной системы и соответствует второму уровню активности – уровню внутрисистемной регуляции [3,15].

Таким образом, в результате исследования состояния адаптивных процессов организма

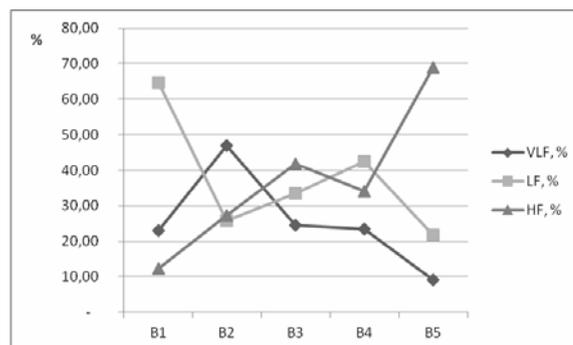


Рис. 6. Соотношение активации различных форм регуляции НАР организма мужчин-эвенков в исследуемых взрослых возрастных группах: B1 (18–24 лет), B2 (25–34 лет), B3 (35–50 лет), B4 (51–64 лет), B5 (65–78 лет). Достоверность разницы средних величин ИН между группами – $p < 0,05$

МЭ, постоянно проживающих в условиях Арктики, установлено, что в зимний период в двух возрастных группах – раннем зрелом возрасте (24–35 лет) и позднем зрелом возрасте (51–64 лет) выявляется наиболее высокий уровень напряженности протекания адаптивных реакций, обусловленный низким восстановительным и мобилизующим потенциалом, иммунодепрессией, десинхронизацией деятельности функциональных и стрессреализующих систем организма, преобладанием процессов катаболизма на фоне запредельного возбуждения (приводящего к запредельному торможению) ЦНС. Физиологические механизмы формирования НАР в данных группах МЭ отличаются разными уровнями регуляторных систем и, следовательно, величиной напряженности функционирования организма. В группе B4 формирование НАР осуществляется путем внутрисистемных перестроек за счет усиления тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы. В возрастной группе B2 в основе механизма формирования адаптационных реакций лежат энергетически чрезвычайно затратные процессы межсистемных перестроек, обусловленных усилением дублирования процессами адаптации со стороны центральной регуляции.

Литература

1. Агаджанян Н.А., Жвавий Н.Ф., Ананьев В.Н. Адаптация человека к условиям Крайнего Севера: эколого-физиологические механизмы. – М.: КРУК, 1998. – С. 77 – 78.
2. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 284 с.
3. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ сердечного ритма при стрессе. – М., 1984. – 315 с.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ФЛОРИСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЯКУТИИ

4. *Бойко Е.Р.* Метаболические особенности у представителей малочисленных народностей Севера: автореф. дис. ... к. б. н. – Ташкент, 1990. – 25 с.
5. *Гаркави Л.Х., Уколова М.А., Квакина Е.Б.* Адаптационные реакции и резистентность организма. – Ростов-на-Дону, 1979. – С. 95 – 110.
6. *Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Кузьменко Т.С.* Антистрессорные реакции и активационная терапия. Реакция активации как путь к здоровью через процессы самоорганизации. – М.: ИМЕДИС, 1998. – 656 с.
7. *Гладкая В.С., Вериго Л.И., Егорова А.Т.* Антропометрическая характеристика женщин коренной национальности Республики Хакасия // Материалы XII симпозиума Российско-Японского обмена. – Красноярск, 2005. – С. 63 – 65.
8. *Казначеев В.П.* Механизмы адаптации человека в условиях высоких широт. – Л., 1980. – 200 с.
9. *Колосова О.Н., Бельчусова Е.А., Николаева Е.Н.* Эколого-физиологические особенности адаптации женщин-эвенкиек в условиях Арктики // Наука и образование. – 2014. – № 2. – С. 55 – 59.
10. *Малоголова И.Ш., Колосова О.Н., Николаева Е.Н.* Вкусовая чувствительность и психофизиологические особенности адаптации в популяциях народов Севера // Наука и образование. – 2012. – №4. – С.104–113.
11. *Манчук В.Т., Надточий Л.А.* Состояние и тенденции формирования здоровья коренного населения Севера и Сибири // Бюллетень СО РАМН. – 2010. – Т.30, № 3. – С. 24 – 32.
12. *Михайлов Н.Ю., Толмачев Г.Н., Шепелев И.Е., Пляка П.С.* Высокочастотные колебания в сигнале пульсовой волны и их связь с адаптационными реакциями // Биофизика. – 2008. – Т.53, вып.3. – С. 482–487.
13. *Николаева Е.Н., Колосова О.Н., Яковлева А.П., Мельгуй Н.В.* Некоторые психофизиологические особенности здоровья студентов на Севере и возможность их коррекции // Вестник СВФУ им. М.К. Аммосова. – Якутск, 2012. – Т. 9, № 4. – С. 25 – 32.
14. *Ноздрачев К.Г., Догадин С.А.* Особенности гормонального статуса и показателей липидного обмена у коренных и пришлых жителей Эвенкии // Вопросы сохранения и развития здоровья населения Севера и Сибири: материалы науч.-практ. конф. – Красноярск, 2006. – С. 130–134.
15. *Ноздрачев А.Д., Щербатых Ю.В.* Современные способы оценки функционального состояния вегетативной нервной системы // Физиология человека. – 2001. – №6. – С. 135 – 141.
16. *Панин Л.Е.* Биохимические механизмы стресса. – Новосибирск: Наука, 1983. – 71 с.
17. *Селье Г.* Очерки об адаптационном синдроме. – М.: Биомедгиз, 1961. – 234 с.
18. *Соловечук Л.Л.* Популяционно-генетические механизмы адаптации коренного и пришлого населения Северо-Востока СССР к экстремальным условиям окружающей среды: автореф. дис. ... д.м.н. – 1989. – 45 с.
19. *Хаснулин В.И., Хаснулин П.В.* Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах // Экология человека. – 2012. – № 1. – С.3 – 11.
20. *Kerchengoltz B., Kolosova O., Krivogornicina E. et al.* Ecological and biochemical characteristics of alcohol pathologies in the North and there influence upon the total sickness rate of the population // International Journal of Circumpolar Health. – 2001. – №.4. – P. 557 – 565.

Поступила в редакцию 07.04.2015

Общая биология

УДК 581.9

Состояние и перспективы флористических исследований в Якутии

Е.Г. Николин

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск

Дается пояснение понятия «флора» в современной ботанической науке. Обосновывается обособленность флористических исследований от других ботанических наук, включая геоботанику. Показано, что основополагающую роль в становлении отечественной флористики сыграли такие выдаю-

НИКОЛИН Евгений Георгиевич – д.б.н., в.н.с., enikolin@yandex.ru.