

ИЗ ИСТОРИИ СОВЕТСКИХ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АНТАРКТИДЕ

Участники длительных полярных и морских экспедиций вынуждены адаптироваться к экстремальной окружающей среде, социальной изоляции, работе в замкнутом коллективе, что вызывает напряжение в работе всех систем организма. Плохая адаптация участника экспедиции — это хроническое стрессовое состояние, снижение работоспособности, некачественно выполненная работа, поломки оборудования, травмы, соматические и психические расстройства, ухудшение психологического климата и конфликты в коллективе. Повышение успешности адаптации может снизить риски для жизни и здоровья полярников, а также экономические затраты, связанные с лечением болезней — последствий дезадаптации, ремонтом оборудования и пр. Одно из важнейших условий адаптации — способность нервной системы перестраиваться, формировать новые связи в ответ на изменения окружающей среды. Если мы хорошо поймем эти механизмы, то сможем активно воздействовать на них, чтобы помочь приспособиться к экспедиционным условиям тем, у кого возникают с этим трудности. Изучение психофизиологических аспектов адаптации проводилось нами в 67-й, 68-й и 70-й РАЭ и показало, с одной стороны, что полученные данные в целом не противоречат тем, что были получены ранее, но, с другой стороны, выявлены и новые аспекты этой проблемы. Особенности медицинских и психологических исследований таковы, что на результаты влияет одновременно множество факторов и для выявления статистически значимых эффектов требуется большое количество данных, поэтому планируется длительная научная работа в этом направлении. В отличие от предшествующих работ, которые проводились эпизодически и не позволяли выявить все объективные изменения на коротком отрезке времени, наш ежегодный системный мониторинг позволит накопить непрерывные ряды наблюдений, в том числе по конкретным людям, отследив, как меняется состояние их мозга и психики в течение длительного периода.

Советскими и российскими медиками и физиологами накоплен уникальный опыт работы в высоких широтах. В первых экспедициях проводилась «научно-медицинская разведка Антарктиды», когда основным предметом исследования были клинические аспекты адаптации к экстремальным условиям. В 1962 году медицинская тематика была введена в общий план изучения Антарктиды Межведомственной комиссией АН СССР, с 1966 года исследования в САЭ включены в план работы Минздрава СССР и Академии медицинских наук (АМН) СССР, головным учреждением был Институт экспериментальной медицины (ИЭМ) АМН СССР (Ленинград). В 1967 году под руководством А.Л. Матусова был создан отдел полярной медицины в ААНИИ. С 1970 года исследования адаптации человека в Арктике и Антарктике возглавил Сибирский филиал АМН СССР¹.

Отделом полярной медицины ААНИИ и отделом экологической физиологии ИЭМ, а также другими учреждениями на протяжении десятков лет велись систематические фундаментальные исследования в области полярной медицины и психологии, было издано немало научных трудов и разработаны практические рекомендации для полярных врачей.

Многолетние исследования показали, что в условиях Антарктиды обычно не наблюдается выраженной патологии высшей нервной деятельности, а глубокие неврозы и психозы являются единичными случаями. В то же время микросимптомы функциональных нарушений психики в виде неустойчивого настроения, тревожности и нарушений сна можно считать достаточно типичными у сотрудников антарктических экспедиций. Поэтому особое место среди исследований, посвященных изучению адаптации к полярным условиям, занимают работы в области нейрофизиологии и психологии².

История советских и российских нейрофизиологических и психологических исследований в Антарктиде насчитывает более 50 лет. Так, в 10-й САЭ (1964–1966) Н.Р. Деряпа проводил исследование функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС) в обсерватории Мирный с помощью психофизиологических тестов (проверка памяти, внимания, умственной работоспособности, способности к переключению и др.). Было выявлено увеличение количества ошибок в тестах во второй половине зимовки, при этом у большинства полярников изменения не выходили за пределы нормальной приспособляемости к экстремальным условиям.

Комплексные физиологические научные программы, задачей которых является раскрытие мозговых механизмов адаптации, требуют применения сложного оборудования. Первые нейрофизиологические исследования в Антарктиде были сопряжены со значительными трудностями: оборудование было громоздким, требовалась специальная экранированная комната, и только монтаж оборудования на полярной станции занимал около месяца. Впервые электроэнцефалограмма (ЭЭГ) в Антарктиде была записана сотрудником ИЭМ нейрофизиологом П.В. Бундzenом в 12-й САЭ (1967–1969), когда проводилась многократная регистрация ЭЭГ в период зимовки у полярников станции Новолазаревская³.

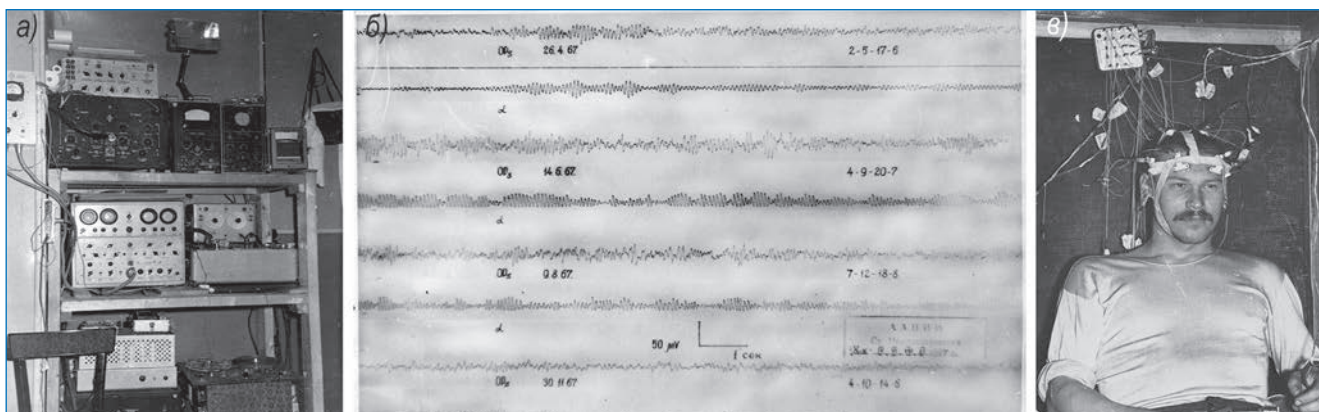
В первую очередь эти исследования показали, что во время зимовки в Антарктиде не происходит каких-либо специфических изменений биоэлектрической активности мозга. Также было определено, что на функциональное состояние мозга, помимо психологического стресса, существенное влияние оказывают особенности светового режима Антарктиды: в период полярной ночи наблюдалась экзальтация альфа-, дельта- и тета-ритмов, а при нормализации светового режима уровень альфа-активности снижался, приближаясь к исходному. В то же время количество низкочастотной активности продолжало нарастать, что связывали с усилением эмоциональной напряженности. Параллельно происходило снижение частоты доминирующего ритма, увеличение амплитуды медленных и сверхмедленных колебаний уровня альфа-активности, то есть снижались активиро-

² Бундзен П.В. Изменение функциональной организации нервных процессов в высших отделах головного мозга человека в период полярной ночи // Информационный бюллетень САЭ. Медицинский выпуск. Вып. 74. 1969. С. 29–39.

Матусов А.Л., Рябинин И.Ф., Бизюк А.П., Шеповальников В.Н. Неврозы и невротические расстройства у участников Советских антарктических экспедиций // Антарктика. 1984. Вып. 23. С. 155–164.

³ Бундзен П.В. Основные аспекты психофизиологических исследований в Антарктиде // Антарктика. Вып. 2. М.: Гидрометеиздат, 1972. С. 201–211.

¹ Горбунов Г.А., Козак В.Ф., Клопов В.П., Сенкевич Ю.И., Крыленков В.А. Медицинское обеспечение Российской антарктической экспедиции. СПб.: ААНИИ, 2009. 187 с.



Вид установки для регистрации биопотенциалов головного мозга в 12-й САЭ (а), первые ЭЭГ, зарегистрированные в Антарктиде (б) и регистрация ЭЭГ в экранированной комнате на станции Восток во время 13-й САЭ (в)

ющие влияния неспецифических регуляторных структур. Уменьшение общего уровня активации коры головного мозга сопровождалось усилением инертности нервных процессов и ослаблением силы регулирующего торможения, вследствие чего повышалась чувствительность нервной системы и снижалась устойчивость психических процессов. Клинически это проявлялось ухудшением переключения внимания и трудностями в регуляции эмоционального состояния. Фазу усиления медленной активности в период полярной ночи при переходе к полярному дню обычно сменяла дизритмия, а во время полярного дня в большинстве случаев происходило восстановление исходных спектров ЭЭГ. В период полярного дня также было обнаружено нарастание частоты доминирующего ритма ЭЭГ по сравнению с периодом полярной ночи и усиление высокочастотной активности. Нарушения ночного сна чаще наблюдались у лиц с выраженными дизритмическими явлениями в ЭЭГ и высокочастотной активностью, напоминающей так называемую «плоскую ЭЭГ».

Исследования сна также проводились сотрудником Института медико-биологических проблем (ИМБП) РАН Е.А. Ильиным и врачом В.С. Поггенполем в 13-й САЭ на станции Восток. Проводился опрос, записывалось количество движений во сне с помощью актографии. Качество сна в большей степени зависело от режима труда и отдыха и наличия комфортных условий для сна (температурного режима и притока свежего воздуха), чем от измененной светопериодичности⁴.

М.М. Богословский⁵ в 1960–1970 года проводил изучение ЭЭГ во время сна во время зимовки в обсерватории Мирный: во время 6–8-часового естественного сна регистрировалась ЭЭГ, электрокардиограмма, электроокулограмма, дыхание. В течение первых месяцев регистрировалось удлинение ночного сна у некоторых испытуемых. После многомесячной адаптации наблюдалось снижение частоты появления и длительности парадоксальной стадии, увеличение частоты и продолжительности поверхностных стадий сна. В условиях снижения эмоциональной активности отмечалось значительное увеличение частоты смены фаз сна⁶.

⁴ Ильин Е.А., Поггенполь В.С. Характеристика сна в условиях различной естественной светопериодичности суток, сенсорной депривации и гипоксии // Информационный бюллетень САЭ. Медицинский выпуск. Вып. 74. 1969. С. 83–87.

⁵ Богословский М.М. Актиграфическое изучение сна человека в Антарктиде. Медицинские исследования в арктических и антарктических экспедициях. Труды ААНИИ, Т. 299. Л.: Гидрометеиздат, 1971. С. 125–141.

Е.А. Ильин в 13-й САЭ в первые 1–2 месяца зимовки на станции Восток наблюдал повышение возбудимости ЦНС, что отражалось в увеличении скорости выполнения тестов на умственную работоспособность, ускорении ассоциативного мышления, повышенной концентрации внимания⁷. На ЭЭГ при этом регистрировалось увеличение частоты альфа-ритма, появление острых волн и спайков, усиление бета-активности. Настроение при этом было приподнятым, оживленным. Повышение функциональных возможностей ЦНС в первой стадии адаптации было связано с мобилизацией приспособительных реакций в новой окружающей среде.

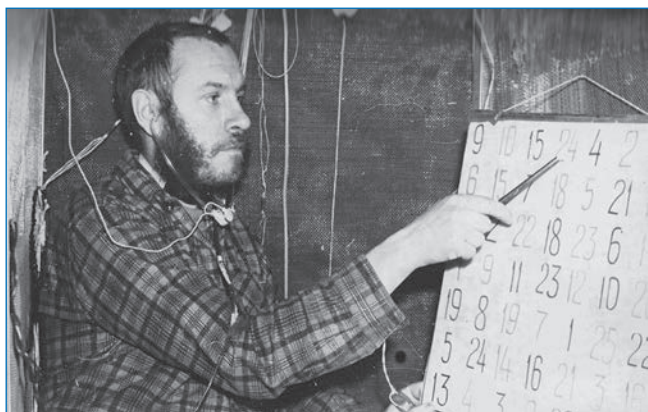
К 4-му месяцу зимовки у некоторых полярников регистрировалось уменьшение частоты активности в ЭЭГ. К 6–7-му месяцу зимовки у большинства полярников, принимавших по назначению врача общеукрепляющие и седативные препараты, произошла нормализация альфа-ритма, в то время как среди остальных чаще встречалось повышение тета-активности. К 9-му месяцу зимовки наблюдалось увеличение в ЭЭГ бета-активности, а на 12-м месяце на фоне повышенной активности в связи с подготовкой к возвращению из экспедиции регистрировалось уменьшение частоты альфа-ритма и его амплитуды. В целом общая направленность изменения функционального состояния во время зимовки на станции Восток характеризовалась развитием астении через стадию начальной адаптации с повышенной возбудимостью (1–2-й месяцы), стадию неполной компенсации с умеренно выраженной гиперстенической формой неврастения (3–6-й месяцы) и стадию истощения с явлениями раздражительной слабости и гипостении (7–13-й месяцы). Автор сравнивает эти стадии адаптации с теми, что наблюдались у участников эксперимента «Марс-500» (520-дневной симуляции космического полета), проводившегося на базе ИМБП.

По программе ИЭМ С.И. Сороко и Ю.А. Сидоровым была проведена серия нейрофизиологических исследований в 17-й, 21-й, 24-й и 30-й САЭ на станции Молодежная, при этом проводилась многократная регистрация ЭЭГ в разные периоды зимовки⁸. Анализ

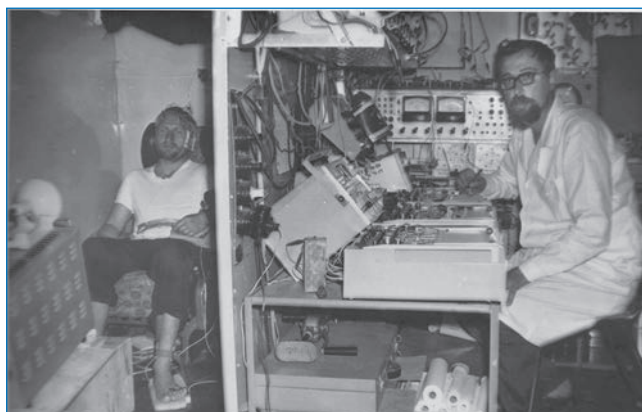
⁶ Богословский М.М. Циркадное электрофизиологическое изучение сна полярников в обсерватории Мирный // Информационный бюллетень САЭ. 1975. Вып. 90. С. 84–89.

⁷ Ильин Е.А. Психологический статус полярников и его фармакокоррекция в условиях годовой изоляции на станции «Восток» в Антарктиде // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2017. Т. 51. № 4. С. 5–14.

⁸ Сороко С.И. Нейрофизиологические механизмы индивидуальной адаптации человека в Антарктиде / Под ред. Н.Н. Василевского. Л.: Наука, 1984. 152 с.



Проведение исследования с помощью красно-черной таблицы Шульте (проба на внимание, работоспособность и помехоустойчивость) на станции Восток во время 13-й САЭ



Регистрация физиологических показателей врачом Ю.А. Сидоровым на станции Молодежная во время 21-й САЭ

данных позволил выделить разные периоды адаптации. Начальный период — «дестабилизации функций» (2–2,5 месяца) — характеризовался разнообразными изменениями в амплитудном и частотном спектрах ЭЭГ (часто противоположно направленными у разных лиц): повышение активации мозга, нарастание быстрых ритмов, дизритмичность. После этого происходил сдвиг в сторону медленных частот: замедлялась частота затылочного альфа-ритма, росла интенсивность тета- и дельта-ритмов — наступал второй период — «стабилизации функций», когда функциональные нарушения и вариабельность реакций снижались. В течение годичного пребывания человека в Антарктиде не наступал завершающий период устойчивой стабилизации функции на новом адаптивном уровне.

Согласно С.И. Сороко, «в процессе адаптации человека в экстремальных условиях происходит разрушение прежней и формирование новой структурно-функциональной организации межсистемного взаимодействия, которая отражается в изменении паттерна ЭЭГ»⁹. При этом ведущую роль в адаптивных перестройках играют медленные ритмы (альфа и тета): в процессе адаптации в Антарктиде вероятность статистического взаимодействия альфа-ритма с другими ритмами повышается, то есть увеличивается роль тормозных механизмов в компенсаторно-приспособительных реакциях. Формирование новой структуры взаимодействия биоэлектрической активности мозга в процессе адаптации происходит лучше у тех индивидуумов, у которых в исходной ЭЭГ имеются выраженные периодические составляющие. Получается, что успешность адаптации зависит от способности мозга сформировать новую систему связей, «переклеститься» на новый режим работы мозга.

А.П. Бизюк¹⁰ на протяжении многих лет проводил исследования психологического состояния полярников во время зимовок. Были выявлены особенности личности и мотивации опытных полярников, многократно участвовавших в экспедициях, особенности изменения эмоционального состояния в разные периоды зимовки. Исследования проводились в 19–30-й САЭ на полярных станциях и научно-экспедиционных судах и включали в себя психологические тесты и анкетирование (изуче-

ние мотивации, субъективной оценки негативных факторов экспедиции). Психофизиологическим аспектам адаптации в Антарктиде уделяли внимание и другие авторы, в числе которых В.В. Борискин (1971), Н.Н. Василевский (1973), И.Ф. Рябинин, А.Л. Матусов (1984), Б.Б. Венценосцев (1969) и другие. Это, конечно, не полная история исследований нейрофизиологических и психологических аспектов адаптации в Антарктиде, но наиболее ранние работы, по которым можно понять основную направленность и трудности подобных исследований в экстремальной среде, а также основные результаты, полученные в этой области науки в первые десятилетия антарктических исследований.

Несмотря на всю проведенную ранее работу, до конца не изучены механизмы в работе мозга, способствующие успешной адаптации, которые позволили бы разработать эффективные методы предотвращения негативных эффектов пребывания в экстремальной среде. Во-первых, получила развитие цифровая ЭЭГ и новые методы ее обработки, что позволяет проводить более глубокий анализ биопотенциалов мозга. Кроме того, развитие электроники позволило сделать электроэнцефалографы значительно более портативными и удобными в работе. Исследования стали проще и дешевле, их можно повторять многократно и проводить даже в полевых условиях.

Во-вторых, со времени проведения ставших уже классическими работ физиологов и медиков на советских полярных станциях изменилась социокультурная среда, изменилась и основная мотивация людей, выбирающих работу на полярных станциях. Сравнение результатов современных исследований и архивных данных поможет понять, насколько социокультурная среда влияет на поведение человека в замкнутом коллективе и адаптацию к другим факторам полярных экспедиций. Также представляет интерес изучение салютогенного (оздоровливающего) влияния участия в экспедициях. Обычно исследователи акцентируют внимание на негативных эффектах, но есть и позитивные. Так, в нашей работе у многих полярников отмечен личностный рост, более выраженный при определенных личностных характеристиках. Дальнейшие исследования динамики функционального состояния мозга и психологического состояния участников экспедиций помогут выявить показатели, которые позволят прогнозировать нарушение адаптации, возникновение негативных психологических и поведенческих реакций и наметить пути к их профилактике и коррекции.

*Ю.Г. Хоменко, К.К. Левандо (ААНИИ).
Фото из архива ААНИИ*

⁹ Новиков В.С., Сороко С.И. Физиологические основы жизнедеятельности человека в экстремальных условиях. СПб.: Политехника-принт, 2017. С. 78.

¹⁰ Бизюк А.П. Психологическая адаптация участников антарктических экспедиций в зависимости от опыта работы в полярных условиях // Антарктика. 1985. № 24. С.185–191.