

- [9] *Kopanev A. I.* Krest'janstvo Russkogo Severa v XVI v. L.: Nauka, 1978. 245 s.
- [10] *Murzaev Je. M.* Slovar' narodnyh geograficheskikh terminov. M.: Mysl', 1984. 653 s.
- [11] Naselennye punkty Tverskoj oblasti: Vserossijskaja perepis' naselenija 2010 goda: Stat. sb. Tver', 2012. 429 s.
- [12] Sel'skie naselennye punkty Tverskoj oblasti: Vsesojuznaja perepis' naselenija 1989 goda. Tver', 1990. 206 s.
- [13] Sel'skie naselennye punkty Tverskoj oblasti po dannym Vserossijskoj perepisi naselenija 2002 goda. Tver', 2004. 281 s.
- [14] *Smirnova V. M.* Social'no-geograficheskie problemy ischeznovenija sel'skih poselenij // Geograficheskie aspekty rekonstrukcii naselennyh mest Nechernozem'ja. M.: Moskovskij filial Geograficheskogo obshhestva SSSR, 1984. S. 37—50.
- [15] *Tkachenko A. A.* O sokrashhenii chisla sel'skih poselenij // Sel'skaja Rossija: proshloe i nastojashhee: Doklady i soobshhenija sed'moj rossijskoj nauch.-prak. konf. M.: Jenciklopedija rossijskikh dereven', 1999. S. 84—86.

*Изв. РГО. 2018. Т. 150, вып. 2*

## **ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ БАРЕНЦЕВА И КАРСКОГО МОРЕЙ И ЕГО ЭНДОГЕННАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ**

© *М. А. ХОЛМЯНСКИЙ*,\*<sup>1</sup> *В. М. АНОХИН*\*\*<sup>2</sup>

\* ФГУП «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург

\*\* Институт Озероведения РАН, Санкт-Петербург

E-mail: <sup>1</sup> holm936@rambler.ru

<sup>2</sup> vladanokhin@yandex.ru

Район Баренцева и Карского морей находится под всевозрастающей угрозой техногенного воздействия. По результатам многолетних геолого-геофизических исследований выделены природные факторы, влияющие на экологическую обстановку в регионе, как экзогенные, так и эндогенные. Дана общая геолого-тектоническая характеристика региона. В целях рационального геоэкологического районирования вводится понятие «эколого-геологических формационных зон» (эколого-формационных зон). В результате анализа и обобщения разнообразных данных по региону Баренцева и Карского морей составлена эколого-геологическая карта на эти акватории, которая является первой попыткой совместить экзогенные и эндогенные факторы негативного влияния на экологическую ситуацию в регионе. Сделан вывод о том, что в перспективе все более интенсивного хозяйственного освоения этого района усиление негативных тенденций, особенно в выявленных в данной работе областях повышенных экологических опасностей, может привести к крайне негативным последствиям, вплоть до экологических катастроф.

Ключевые слова: Экзогенные факторы, эндогенные факторы, области переноса, области накопления, эколого-геологическая формационная зона.

**Введение.** Экологическое состояние арктических морей России находится под всевозрастающим техногенным воздействием.

Большая часть углеводородных ресурсов Арктического нефтегазоносного супербассейна приурочена к Евразийской континентальной окраине, где определяющую роль играют бассейны западно-арктических морей — Баренцева, Печорского и Карского [4]. Следовательно, в изучаемом регионе имеются серьезные перспективы открытия и освоения новых месторождений угле-

водородов, что несомненно будет существенным фактором возрастающей антропогенной нагрузки и загрязнения этих акваторий.

Таким образом, изучение устойчивости экологического состояния арктических морей и влияющих на нее факторов — актуальная задача.

В большинстве опубликованных работ, посвященных экологическому состоянию Баренцева и Карского морей, описывается влияние на акватории этого региона в основном экзогенных процессов. Влияние эндогенных процессов, принимающих существенное участие в формировании экологической обстановки в арктических морях, изучено явно недостаточно. В данной статье авторы постарались заполнить этот пробел, показав значимость эндогенных процессов для экологического состояния Баренцева и Карского морей.

**Проведенные исследования.** В течение многих лет авторы в составе коллектива ФГУП ВНИИОкеангеология им. И. С. Грамберга при сотрудничестве с рядом организаций (в частности, МЧС РФ, МАГЭ, ООО «Газфлот», Бедфордский полярный центр и др.) занимались изучением геолого-экологического состояния Баренцево-Карского региона. Проводились геофизические исследования (в том числе электроразведочные), донный пробоотбор, анализ буровых колонок и данных каротажа, а также анализ опубликованных материалов [2, 6, 11, 13, 14, 17, 19, 20].

Изучались характеристики криолитозоны, в частности ее мощность, глубина залегания, значения придонных температур и др. На основании результатов этих исследований для описываемого региона был составлен ряд карт геолого-экологического содержания.

**Факторы, влияющие на экологическую обстановку в регионе.** В числе основных причин развития экологически негативных географических и геологических процессов следует выделить геодинамические, палеогеографические и современные географические факторы (последние включают и гидрометеорологические) [6].

Наиболее опасные инженерно-геологические явления, которые могут возникнуть в процессе освоения акватории региона, связаны с криолитозоной. Ее современное состояние определяется палеогеографическими и палеогеологическими факторами, в частности позднекайнозойскими регрессивными и трансгрессивными циклами.

В ходе исследований выявлялись: геологические явления природного и техногенного происхождения; ассимиляционная емкость донных осадков; процессы переноса и накопления загрязнений от разработки прибрежных и шельфовых месторождений [4, 6, 12].

Помимо экзогенных факторов также изучались:

- общее тектоническое строение района;
- расположение тектонических разломов;
- сейсмическая активность;
- эманации по разломам и ослабленным зонам;
- возможные последствия эндогенной активности в районе (обрушения, оползни, обвалы, осыпи, взмучивание и т. д.).

**Общая геолого-тектоническая характеристика региона** [4, 12]. Рассматриваемый регион располагается в пределах выделенной Ю. Е. Погребницким арктической геопредепессии — сложной структуры, включающей крупнейшие морфоструктуры: Центрально-Баренцевскую антеклизу, Северо- и Южно-Баренцевские синеклизы, Новоземельский желоб, Приамальскую аккумулятивную равнину и др. [4]. В строении складчатого фундамента региона принима-

ют участие отложения до среднего палеозоя включительно, хотя возможно, что в состав его входят и отложения верхнего палеозоя. Вышележащая часть разреза выполнена разновозрастной мощной толщей осадочных образований до кайнозоя включительно.

Осадочные бассейны западно-арктического шельфа представлены двумя типами разреза. Первый тип включает бассейны Баренцево-Карской окраино-континентальной плиты — структуры длительного и устойчивого погружения, заложенной в палеозое. Об устойчивости осадконакопления здесь свидетельствует мощность осадков, достигающая 18—20 км.

В геологической истории осадочных бассейнов первого типа выделяются четыре этапа. Платформенный этап охватывает время от раннего палеозоя до ранней перми. Он характеризуется накоплением мощной толщи терригенно-карбонатных отложений. В средне-верхнепалеозойском структурном этаже шельфа Печорского моря сосредоточен основной нефтегазовый потенциал региона.

Этап возникновения мегаструктуры — Баренцевоморского рифта, протягивающегося в центральной части Баренцева моря на 1100 км, сопровождался накоплением пермо-триасового рифогенного комплекса терригенных осадков мощностью до 12 км. В триасовых отложениях отмечена промышленная нефтегазоносность.

Следующий этап связан с образованием синеклизы, выполненной юрско-меловыми отложениями. Наиболее перспективными в нефтегазоносном отношении являются отложения средней и верхней юры.

На кайнозойском этапе происходили размыв и транзит материала, накопленного в предшествующие этапы. Небольшой объем осадков был накоплен лишь в конце неогенового и в четвертичном периодах.

Второй тип осадочных бассейнов западно-арктического шельфа представлен в изучаемом регионе Южно-Карским бассейном, в структурном плане являющимся продолжением Западно-Сибирского мегабассейна. В его строении принимают участие терригенно-карбонатные отложения общей мощностью до 14 км. Основные перспективы нефтегазообразования связаны с меловой эпохой, что подтверждается геологическим разрезом таких крупных месторождений, как Русановское и Ленинградское.

В общей тектонической структуре региона весьма велика роль разрывных нарушений. По степени проникновения в осадочный чехол все разрывные нарушения относятся к погребенным. Подавляющее большинство разломов проявляется в фундаменте, с проникновением в чехол до нижнедевонско-каменноугольного структурного этажа. Некоторые из разломов затрагивают, помимо фундамента, вендско-нижекембрийский, среднекембрийско-нижедевонский, среднедевонско-каменноугольный и частично пермско-мезозойский структурные этажи, а в вышележащих отложениях верхней юры, мела, кайнозоя находят свое отражение, как правило, в виде флексур.

Преобладают разломы широтного и северо-западного простирания. В меньшей степени развиты северо-восточные направления. На шельфе Баренцева моря простирания разломов в большинстве диагональные северо-восточные и северо-западные [3]. Эти диагональные простирания заметны и на карте (см. рисунок).

Большинство разломов относится к сбросам средней (сотни метров) и малой (десятки метров) амплитуд. В нескольких скважинах вскрыт сдвоенный разрез отложений, свидетельствующий о наличии взбросов. Но поскольку

основная масса разломов представлена сбросами, в данном регионе в общем преобладает растяжение. Это способствует образованию вдоль разломов зон повышенной проницаемости, по которым на поверхность дна могут поступать глубинные эманации.

**Результаты исследования.** В результате анализа и обобщения разнообразных данных по региону Баренцева и Карского морей была составлена эколого-геологическая карта на эти акватории (см. рисунок). Данная карта — первая попытка совместить экзогенные и эндогенные факторы негативного влияния на экологическую ситуацию в регионе.

На карте выделены эколого-геологические формационные зоны (эколого-формационные зоны). Этот термин вводится нами для геоэкологического районирования: эколого-формационная зона — пространственно-временная совокупность природных и техногенных процессов, характеризующаяся общими географическими, фациальными, геохимическими, геокриологическими, инженерно-геологическими, геодинамическими признаками и однотипным проявлением экологических функций литосферы.

Всего выделено восемь эколого-формационных зон: Кольская, Центральная баренцевская, Приновоземельская, Амдермская, Центральная карская, Обскоенисейская, Северная, Пограничная шельфовая. Наиболее сложной эко-геологической обстановкой отличаются Центральная баренцевоморская и Амдермская зоны, где опасные криогенные процессы развиты наряду с повышенной сейсмичностью, активным накоплением тяжелых металлов и высоким содержанием взвеси в морской воде.

На карте показаны области и зоны с эндогенными опасностями:

- области накопления тяжелых металлов, в том числе эндогенного происхождения;
- зоны повышенной активности коррозионных процессов, вызванных эндогенными причинами;
- зоны повышенной сейсмической активности;
- области активного взмучивания при сейсмических воздействиях.

Области интенсивного накопления тяжелых металлов (в том числе эндогенного происхождения) выделены на основании данных измерений авторов, выполненных в разные годы в процессе проведения геолого-геофизических исследований [2, 6]. Теоретические предпосылки поступления тяжелых металлов из более глубоких горизонтов в придонную среду высказывались нами ранее [11]. Выявленные зоны повышенных содержаний тяжелых металлов (медь, кадмий, свинец и др.) в придонных водах и донных осадках выделяются на карте, в основном, по данным донного опробования с последующими геохимическими исследованиями.

Области переноса и осаждения тяжелых металлов (переносимых в водной среде в ионной форме) разной интенсивности выделены на основании результатов электроразведочных работ — по характеристикам локального электрического поля. Несоответствия в распространении тяжелых металлов по дну Баренцева и Карского морей объясняются, вероятно, принципиальной разницей методик и подлежат дальнейшему анализу.

В последнее время появились работы, характеризующие влияние близости разрывных нарушений — разломов, трещин и зон повышенной проницаемости разных порядков — на интенсивность коррозионных процессов [7]. Отмечены типичные пространственные сочетания дизъюнктивных элементов, обеспечивающие тот или иной уровень ускорения коррозии. По-видимому,





на интенсивность коррозии влияют выходящие по дизъюнктивам эманации и связанные с разломами аномалии физических полей. На основании анализа структурно-тектонических карт и схем, приведенных в литературе, на эколого-геологической карте Баренцево-Карского региона выделены зоны наибольшей коррозионной активности. Электроразведочные работы, выполненные в 2002—2005 гг. на акватории Карского моря, позволили выявить ряд техногенных объектов, затопленных на дне. Большая часть из них расположена в пределах зон с предполагаемой по тектоническим данным повышенной интенсивностью коррозионных процессов. Над этими объектами наблюдаются аномальные содержания кислорода, пониженные по отношению к фоновым, что указывает именно на активное потребление кислорода в процессе коррозии [5, 10].

Исходя из сведений о расположении наиболее вероятных центров сейсмической активности и тектонических данных на карте выделены зоны наибольшей потенциальной сейсмической опасности. Более детальная региональная оценка сейсмической опасности будет возможна на основании специализированных крупномасштабных сейсмологических исследований.

Зоны разгрузки вод, поступающих на донную поверхность из нижнеордовикских, нижнесилурийских, среднедевонских и более молодых горизонтов, отмечены в литературе [8, 9]. Высокая минерализация этих вод на участках их поступления приводит к нарушениям гидрохимического режима, в частности, к увеличению солёности морской воды и, следовательно, изменению условий обитания биоты. Наиболее уязвимыми при таких изменениях гидрологического режима являются живые организмы, обитающие в наиболее глубоких участках моря. Кроме того, при наличии техногенного влияния, обусловленного строительством или разработкой месторождений, содержания ряда опасных для биоты элементов резко увеличиваются в зонах субмаринной разгрузки за счет объединения их природной и техногенной составляющей. На основании анализа батиметрических и гидрогеологических данных выделены и ранжированы несколько зон эндогенных опасностей для живых организмов.

При проявлениях сейсмической активности будет происходить взмучивание донных осадков, что приведет к возникновению угрозы нормального обитания биоты. При значительном повышении концентрации взвешенных веществ погибают донные беспозвоночные организмы. В связи с этим резко обедняется кормовая база бентосоядных рыб. Резко сокращаются популяции нектобентофагов и хищников. Поэтому на основании литологического и ли-

---

#### Эколого-геологическая карта Баренцево-Карского региона.

1 — области активного переноса комплекса тяжелых металлов (1—4 — по данным электроразведки), 2 — области умеренного переноса комплекса тяжелых металлов, 3 — области активного осаждения комплекса тяжелых металлов, 4 — области умеренного осаждения комплекса тяжелых металлов, 5 — области активного взмучивания при сейсмических воздействиях, 6 — области максимального содержания тяжелых металлов в осадках и придонных водах (по данным пробоотбора), 7 — области повышенной вероятности механических повреждений из-за техногенных изменений геокриологического режима, 8 — области повышенной вероятности опасных природных криологических процессов, 9 — области повышенной активности коррозии, 10 — области повышенной сейсмической активности, 11 — основные разломы, 12 — границы эколого-геологических формационных зон и их номера: 1 — Кольская, 2 — Центральная баренцевская, 3 — Приновоземельская, 4 — Амдермская, 5 — Центральная карская, 6 — Обско-енисейская, 7 — Северная, 8 — Пограничная Шельфовая.

тодинамического анализ выделяются зоны максимально возможного взмучивания вышеуказанной природы, показанные на карте.

На участках морских платформ и прилегающей акватории (в радиусе до 3 км) под воздействием механического, термического и прочих видов техногенного воздействия происходят изменения условий придонной среды: характеристик субаквальной криолитозоны, положения кровли многолетнемерзлых пород и их мощности, что в свою очередь приводит к проседанию донной поверхности, оползневым и другим морфолитодинамическим процессам, опасным для устойчивости самой платформы.

С другой стороны, опасность представляют и природные изменения характеристик придонного режима. Здесь основное влияние могут оказывать изменения температуры придонного слоя воды, как сезонные, так и долговременные (такие, как глобальное потепление) [15, 16, 18].

## Выводы

1. Введено новое понятие: «эколого-геологические формационные зоны». Под такой зоной подразумевается пространственно-временная совокупность природных и техногенных процессов, характеризующаяся общими географическими, фациальными, геохимическими, геокриологическими, инженерно-геологическими, геодинамическими признаками и однотипным проявлением экологических функций литосферы. Данное понятие введено для более детального геоэкологического районирования.

2. Ряд эколого-геологических формационных зон выделяется на эколого-геологической карте Баренцево-Карского региона (см. рисунок), где видны особенности каждой из зон.

3. Наиболее сложной экогеологической обстановкой отличаются Центральная баренцевская и Амдермская зоны, где опасные криогенные процессы развиты наряду с повышенной сейсмичностью, активным накоплением тяжелых металлов и высоким содержанием взвеси в морской воде.

4. В целом можно констатировать, что геоэкологическая обстановка на Баренцево-Карском шельфе в настоящее время в целом удовлетворительная. Однако в перспективе все более интенсивного хозяйственного освоения этого района усиление негативных тенденций, особенно в выявленных в данной работе областях повышенных экологических опасностей, может привести к крайне негативным последствиям, вплоть до экологических катастроф.

5. Для минимизации возможных негативных экологических последствий необходимо продолжение исследований.

## Список литературы

- [1] Аветисов Г. П. Сейсмоактивные зоны Арктики. СПб.: Изд. ВНИИОкеангеология, 1996, 185 с.
- [2] Алхименко А. П., Великанов Ю. С., Ефремкин И. М., Холмянский М. А. и др. Экологическая безопасность при освоении нефтегазовых месторождений на шельфе Карского моря. СПб., 2004. 160 с.
- [3] Анохин В. М. Глобальная дизъюнктивная сеть Земли: строение, происхождение и геологическое значение. СПб.: Недра, 2006. 161 с.

- [4] Геология и полезные ископаемые России. Арктические и Дальневосточные моря. Т. 5, кн.1. СПб.: Изд. ВСЕГЕИ, 2004. 470 с.
- [5] Ефремкин И. М., Владимиров М. В., Холмянский М. А. Подводная объектология. СПб.: Недра, 2015. 315 с.
- [6] Козлов С. А. Инженерная геология Западно-Арктического шельфа России. СПб.: Изд. ВНИИОкеангеология, 2004. 150 с.
- [7] Кострюкова Н. К., Кострюков О. М. Локальные разломы — фактор природного риска. М.: Изд-во Академии горных наук, 2002. 240 с.
- [8] Мельников В. П., Спесивцев А. Н. Инженерно-геологические и геокриологические условия шельфа Баренцева и Карского морей. Новосибирск, 1995. 198 с.
- [9] Неизвестнов Я. В., Обидин Н. И. Гидрогеологическое районирование и гидрогеологические условия Советского сектора Арктики // Геология и полезные ископаемые севера Сибирской платформы. Л., 1971. 376 с.
- [10] Поддубный В. Н. Коррозия оружия и боеприпасов. М.: Воениздат, 1946. 318 с.
- [11] Путиков О. Ф., Холмянский М. А., Вешев С. А., Владимиров М. В., Касьянкова Н. А. Новая технология геоэлектрохимических поисков нефтегазовых месторождений на шельфе // Российский геофизический журнал. 2005. № 37—38. С. 18—23.
- [12] Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология. СПб.: Изд. ВНИИОкеангеология, 2002. 960 с.
- [13] Холмянский М. А. Разрешающая способность геофизических методов на шельфе // Теория и практика региональных геофизических исследований Мирового океана и Антарктики. Л.: Изд. ПГО «Севморгеология», 1989. С. 135—143.
- [14] Bernthill O. Resistivity Measurements on the Sea Bottom // Paper of 53rd Meeting, Florence, 1991. P. 340—341.
- [15] Cubasch U. H. Estimates of climate change in Southern Europe // Climate Research, London, 1996. 7. P. 129—149 p.
- [16] Eicken H. The Response of Polar Sea Ice to Climate Variability and Change // CLIMATE OF THE 21st CENTURY: Changes and Risk. Hamburg, 2001. P. 206—211.
- [17] Fjeed O. K. Geophysical Investigation for the Troll Sub-Sea Pipe Tunnel // Paper of 53rd Meeting, Florence, 1991. P. 338—339.
- [18] Lozan J. L., Grabl H., Hupfer P. CLIMATE OF THE 21st CENTURY: Changes and Risk. Hamburg, 2001. 432 p.
- [19] Holmianskiy M. Elektrometric Methods Usage for Geological and Geoecological Problems Solving on Russia's Arctic Shelf // 57<sup>th</sup> Meeting and 7th Conference abstracts of papers. Glasgow, 1995. P. 54—55.
- [20] Schreder N. Resistivity at Sea // CRC Handbook of Geophysical Exploration at Sea. CRC Press. 1992. N 9. P. 2—46.

Поступило в редакцию  
7 мая 2017 г.



# Ecological and geologic zoning of the Barents and Kara Seas and its endogenous character

© M. A. Kholmyanskii,\*<sup>1</sup> V. M. Anokhin\*\*<sup>2</sup>

\* Federal State Organisation «VNIIOkeangeologia» Saint-Petersburg

\*\* Institute of Limnology RAS, Saint-Petersburg

E-mail: <sup>1</sup> holm936@rambler.ru

<sup>2</sup> vladanokhin@yandex.ru

The area of the Barents and Kara seas is under the increasing threat of anthropogenic impact. As a result of multi-years geological and geophysical studies we have identified the factors that affect the environmental situation in the region. We give a general geological and tectonic characterization of the region. We introduce a new concept of ecological and geological formation zones (eco-formation zones) for rational geoeological zoning. We compiled eco-geological map of these areas which is the first attempt to combine exogenous and endogenous factors of the negative impact on the ecological situation in the region.

We made conclusion that in the prospect of more and more intensive economic development of the region the increasing of negative trends, especially in areas of increased environmental hazards identified in this paper, can lead to extremely negative consequences, including environmental disasters.

Key words: exogenous factors, endogenous factors, the transfer area, the area of accumulation, ecological and geological formation zone.

## References

- [1] *Avetisov G. P.* Sejsmoaktivnye zony Arktiki. SPb.: Izd. VNIIOkeangeologiya, 1996. 185 s.
- [2] *Alximenko A. P., Velikanov Yu. S., Efremkin I. M., Xolmyanskij M. A. i dr.* E'kologicheskaya bezopasnost' pri osvoenii neftegazovykh mestorozhdenij na shel'fe Karskogo morya. SPb., 2004. 160 s.
- [3] *Anoxin V. M.* Global'naya diz'yunktivnaya set' Zemli: stroenie, proisxozhdenie i geologicheskoe znachenie. SPb.: Izd. Nedra, 2006. 161 s.
- [4] *Geologiya i poleznye iskopaemye Rossii. Arkticheskie i Dal'nevostochnye morya.* T. 5, kn.1. SPb.: Izd. VSEGEI, 2004. 470 s.
- [5] *Efremkin I. M., Vladimirov M. V., Xolmyanskij M. A.* Podvodnaya ob'ektologiya. — SPb.: Izd. Nedra, 2015. 315 s.
- [6] *Kozlov S. A.* Inzhenernaya geologiya Zapadno-Arkticheskogo shel'fa Rossii. SPb.: Izd. VNIIOkeangeologiya, 2004. 150 s.
- [7] *Kostryukova N. K., Kostryukov O. M.* Lokal'nye razlomy — faktor prirodnogo riska. M.: Izd. Akademii gornyx nauk, 2002. 240 s.
- [8] *Mel'nikov V. P., Spesivcev A. N.* Inzhenerno-geologicheskije i geokriologicheskije usloviya shel'fa Barenceva i Karskogo morej. Novosibirsk, 1995. 198 s.
- [9] *Neizvestnov Ya. V., Obidin N. I.* Gidrogeologicheskoe rajonirovanie i gidrogeologicheskije usloviya Sovetskogo sektora Arktiki // *Geologiya i poleznye iskopaemye severa Sibirskoj platformy*. L., 1971. 376 s.
- [10] *Poddubnyj V. N.* Korrozija oruzhiya i boepripasov / M.: Voenizdat, 1946. 318 s.
- [11] *Putikov O. F., Xolmyanskij M. A., Veshev S. A., Vladimirov M. V., Kas'yankova N. A.* Novaya texnologiya geoe'lektroximicheskix poiskov neftegazovykh mestorozhdenij na shel'fe // *Rossijskij geofizicheskij zhurnal*. 2005. N 37—38. S. 18—23.
- [12] *Rossijskaya Arktika: geologicheskaya istoriya, minerageniya, geoe'kologiya.* SPb.: Izd. VNIIOkeangeologiya, 2002. 960 s.
- [13] *Xolmyanskij M. A.* Razreshayushhaya sposobnost' geofizicheskix metodov na shel'fe // *Teoriya i praktika regional'nykh geofizicheskix issledovanij Mirovogo okeana i Antarktiki*. L.: Izd. PGO «Sevmorgeologiya», 1989. S. 135—143.
- [14] *Berntlill O.* Resistivity Measurements on the Sea Bottom // *Paper of 53rd Meeting, Florence, 1991*. P. 340—341.

- [15] *Cubasch U. H.* Estimates of climate change in Southern Europe // *Climate Research*, London, 1996. 7. P. 129—149.
- [16] *Eicken H.* The Response of Polar Sea Ice to Climate Variability and Change // *CLIMATE OF THE 21st CENTURY: Changes and Risk*. Hamburg, 2001. P. 206—211.
- [17] *Fjeed O. K.* Geophysical Investigtion for the Troll Sub-Sea Pipe Tunnel // Paper of 53rd Meeting, Florence, 1991. P. 338—339.
- [18] *Lozan J. L., Grabl H., Hupfer P.* CLIMATE OF THE 21st CENTURY: Changes and Risk. Hamburg, 2001. 432 p.
- [19] *Holmianskiy M.* Elektrometric Methds Usage for Geological and Geoecological Problems Solving on Russia's Arctic Shelf // 57th Meeting and 7th Conference abstracts of papers. Glasgow, 1995. P. 54—55.
- [20] *Schreder N.* Resistivity at Sea // *CRC Handboor of Geophysical Exploration at Sea*. CRC Press. 1992. N 9. P. 2—46.

*Изв. РГО. 2018. Т. 150, вып. 2*

## **ЛАНДШАФТНАЯ СТРУКТУРА ВЫСОТНОЙ ЭКОТОННОЙ ПОЛОСЫ ВЫСОКОГОРНОГО МАССИВА МОНГУН-ТАЙГА**

© *Е. С. ЗЕЛЕПУКИНА*,<sup>1</sup> *С. А. ГАВРИЛКИНА*,<sup>2</sup> *С. Н. ЛЕСОВАЯ*,<sup>3</sup>  
*О. В. ГАЛАНИНА*<sup>4</sup>

Санкт-Петербургский государственный университет,

Санкт-Петербург

E-mail: <sup>1</sup> e.zelepukina@spbu.ru

<sup>2</sup> s.gavrilkina@spbu.ru

<sup>3</sup> s.lesovaya@spbu.ru

<sup>4</sup> o.galanina@spbu.ru

Проведен анализ высотной структуры ландшафтов массива Монгун-Тайга, расположенного в аридных высокогорьях на стыке Алтая и Саян; приведена обобщенная характеристика почвенно-растительного покрова. Выявленная высокая степень сходства ландшафтных структур высотных ступеней интервала 2400—2800 м позволяет выделить высотную экотонную полосу между выраженными горно-степным и гляциально-нивальным поясами. Дана характеристика структурных элементов экотона, характеризующегося примерно равным сочетанием сообществ мезо-, ксеро- и криофитных экологических групп.

Количественная оценка факторов ландшафтогенеза проведена с применением статистических методов. В ходе анализа выявлена ведущая роль свойств местоположений в формировании мозаичной ландшафтной структуры массива.

Для оценки роли климатических факторов в формировании мозаичной ландшафтной структуры проведено моделирование полей пространственного распределения значений климатических параметров на основе цифровой модели рельефа высокого разрешения, что необходимо в условиях крайне низкой обеспеченности данными многолетних режимных наблюдений. Выявлено, что в схожих обстановках свойства и характеристики местоположений имеют приоритетное влияние на формирование почвенно-растительного покрова. Рассмотрены основные типы контактов растительных сообществ. Выявлено преобладание диффузного типа контактов.

Ключевые слова: экотонная полоса, факторы ландшафтогенеза, контакт растительных сообществ, аридные высокогорья, ландшафтная структура, Алтай-Саянский регион, мозаичность структуры.