УДК 504.54(571.56)

**УСТОЙЧИВОСТЬ ЛАНДШАФТОВ БАСЕЙНА Р. ВИЛЮЙ
В ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ****Николаева Н.А.***ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук»**Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова
Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, e-mail: nna0848@mail.ru*

Более половины территории России относится к зоне Севера, отличающейся сложными природно-климатическими условиями, неблагоприятными для развития всех отраслей производственной деятельности. Республика Саха (Якутия) является тем регионом Севера, в котором наиболее выпукло отразились эти неблагоприятные условия. Но ее обширная минерально-сырьевая база определила интенсивное освоение месторождений полезных ископаемых в различных регионах республики. В связи с разработкой и эксплуатацией месторождений алмазов одним из наиболее промышленно освоенных регионов является бассейн р. Вилуи в Западной Якутии. За годы промышленного освоения природная среда региона подверглась значительному техногенному нарушению, что привело к негативным эколого-экономическим последствиям. В этих условиях необходимо проведение экологических оценок состояния природной среды, одним из выражений которого является оценка устойчивости ландшафтов к техногенной нагрузке. Наличие специфических особенностей Севера – многолетнемерзлых пород и суровых климатических условий, обусловило выбор ряда мерзлотных и биоклиматических показателей, принятых в основу оценки устойчивости ландшафтов бассейна р. Вилуи. Оценка устойчивости ландшафтов к механическим нарушениям была произведена по количественным мерзлотным и биоклиматическим показателям каждого из 16 выделенных ландшафтных районов. Анализ и ранжирование мерзлотных и биоклиматических характеристик по степени их влияния на снижение устойчивости позволили оценить устойчивость изучаемых ландшафтов. Выявлено, что ландшафты Вилуйского бассейна обладают различной степенью устойчивости к антропогенной нагрузке. Их распределение соответствует закономерностям широтной зональности ландшафтообразующих факторов, осложненной локальными особенностями, обусловившими наличие интразональных ландшафтов. Выявлено, что среднетаежные ландшафты в основном обладают средней степенью устойчивости, а северные редколесные слабоустойчивы и относительно неустойчивы. К наименьшей степени устойчивости отнесен горно-тундровый ландшафт. Интразональные водораздельные маревые северотаежные ландшафты, а также среднетаежные определены как слабоустойчивые и относительно неустойчивые.

Ключевые слова: Западная Якутия, алмазодобывающая промышленность, ландшафты, мерзлотные и биоклиматические показатели, оценка устойчивости

ASSESSMENT OF THE SUSTAINABILITY OF THE VILYUY BASIN LANDSCAPES**Nikolaeva N.A.***Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center
«Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences»
Institute of Physical and Technical Problems of the North named after V.P. Lariionova,
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Yakutsk, e-mail: nna0848@mail.ru*

More than half of the territory of Russia belongs to the zone of the North, which is distinguished by difficult climatic conditions unfavorable for the development of all branches of production activity. The Republic of Sakha (Yakutia) is the region of the North in which these unfavorable conditions are reflected most clearly. But its vast mineral resource base determined the intensive development of mineral deposits in various regions of the republic. In connection with the development and operation of diamond deposits, one of the most industrially developed regions is the river basin Vilyui in Western Yakutia. Over the years of industrial development, the natural environment of the region has undergone significant technological disruption, which has led to negative environmental and economic consequences. Under these conditions, it is necessary to conduct environmental assessments of the state of the environment, one of the expressions of which is to assess the sustainability of landscapes to anthropogenic stress. The presence of specific features of the North – permafrost and severe climatic conditions, led to the choice of a number of permafrost and bioclimatic indicators, taken as the basis for assessing the stability of the landscapes of the river basin. The stability of landscapes to mechanical disturbances was assessed by quantitative permafrost and bioclimatic indicators of each of the 16 identified landscape regions. Analysis and ranking of permafrost and bioclimatic characteristics by the degree of their influence on the decrease in stability made it possible to evaluate the stability of the studied landscapes. It was revealed that the landscapes of the Vilyui basin have varying degrees of resistance to anthropogenic stress. Their distribution corresponds to the patterns of latitudinal zonality of landscape-forming factors, complicated by local features that determined the presence of intrazonal landscapes. It was revealed that mid-taiga landscapes mainly have an average degree of stability, while northern sparse forests are weakly stable and relatively unstable. The mountain tundra landscape is referred to the least degree of stability. Intrazonal watershed haze north-taiga landscapes, as well as mid-taiga landscapes, are defined as weakly stable and relatively unstable.

Keywords: Western Yakutia, diamond mining industry, landscapes, permafrost and bioclimatic indicators, stability assessment

Западная Якутия является одним из наиболее промышленно освоенных регионов Якутии, центром алмазодобывающей промышленности России. Здесь, в бассейне р. Виллой, осуществляет свою основную деятельность крупнейшая в мире компания АК «АЛРОСА», на долю которой приходится 29% мировой и около 95% российской добычи алмазов [1]. Строительство и функционирование крупных горно-обогатительных комплексов по добыче, переработке и обогащению алмазов повлекло развитие энергетики, транспорта и соответствующей инфраструктуры. Создан каскад ГЭС на р. Виллой, проложены дороги, ЛЭП, развиты транспортная сеть, города, поселки, сельскохозяйственные объекты.

Деятельность предприятий добывающего комплекса (создание хвостохранилищ, отвалов, разработка россыпных месторождений и т.п.) неизбежно сопровождается отторжением значительных площадей природных ландшафтов. Параллельно происходит расширение транспортной сети, строительство новых населенных пунктов [2, с. 153].

Анализ современного состояния решения проблем минерально-сырьевой безопасности страны, связанной с освоением северных и северо-восточных регионов России, не позволяет в полной мере реализовать экономический потенциал Республики Саха (Якутия) и требует усиления научных исследований; как одно из направлений предусматривается изучение устойчивости мерзлотных экосистем в условиях промышленного освоения [3, с. 9].

Цель исследования: оценка степени природной устойчивости ландшафтов бассейна р. Виллой к техногенному воздействию в условиях промышленного освоения.

Материалы и методы исследования

Устойчивость – фундаментальное свойство геосистемы, выступающее в единстве с ее изменчивостью, которое обеспечивается взаимодействием внешних и внутренних отношений [4, с. 123]. Природная устойчивость ландшафтов обусловлена свойствами стабильности и изменчивости ландшафтов, формируемых, главным образом, под влиянием климатических и геолого-геоморфологических факторов. Стабильность – постоянство параметров ландшафта, сохраняющихся в течение неопределенно долгого времени, которое обеспечивается постоянством внешних условий. Противоположность стабильности – изменчивость, способность ландшафтов переходить из одного состояния

в другое, менять свою структуру и характер функционирования [5, с. 4]. В основе оценки устойчивости в области многолетнемерзлых пород лежат среднегодовая температура и льдистость грунтов. Именно они определяют характер большинства составляющих: растительности, глубины сезонного протаивания и промерзания, мерзлотно-геологических процессов. В то же время они зависят от климата, рельефа местности, характера грунтов [6, с. 25].

Результаты исследования и их обсуждение

Для определения степени устойчивости природных комплексов к механическому воздействию необходимо изучение ландшафтной структуры территории исследования.

Бассейн р. Виллой принадлежит физико-географической стране Северо-Восточная Сибирь. Изучаемая территория подразделена на 6 ландшафтных провинций: Оленекско-Мархинскую (А), Верхнетунгусскую (Б), Туринскую (В), Виллойско-Тунгусскую (Г), Виллойскую (Д) и Сунтарскую (Е) [7].

На этой основе было проведено дальнейшее районирование бассейна р. Виллой, в результате чего в пределах провинций выделено 16 макрогеохор [8].

Макрогеохора является наименьшей региональной единицей, характеризующейся единым морфогенетическим типом рельефа, стратиграфо-генетическим комплексом отложений, а также относительно однородным характером гидроклиматических условий и почвенно-растительного покрова [9].

Оценка устойчивости ландшафтов бассейна реки Виллой к механическим нарушениям, под которыми подразумевается нарушение и удаление почвенно-растительного покрова, была произведена путем применения методик [10; 11]. Для этого были приняты их мерзлотно-литогенные, климатические и биологические характеристики, которые приведены по [12] и представлены в табл. 1.

Согласно [10], в основу оценки положен покомпонентный анализ влияния ландшафтообразующих факторов на снижение устойчивости макрогеохор (табл. 1). Применение 4-балльной системы экспертных оценок, разграничивающее степени устойчивости (табл. 2), дало возможность по сумме баллов дать оценку устойчивости каждому ландшафтному выделу. При этом наибольшие баллы присвоены наименее устойчивым ландшафтам, а наименьшие – наиболее устойчивым.

Таблица 1
Биоклиматические и мерзлотные факторы формирования ландшафтных провинций территории бассейна р. Вилой

Обозначение	Ландшафтные провинции	Температура пород, °С	Объемная суммарная льдистость пород, %	Распространение многолетнемерзлых пород	Запасы фитомассы, ц/га	Продуктивность растительного покрова, ц/га	Условия теплообеспеченности, град.	Условия увлажнения (индекс сухости)
A-1	Оленекско-Вилойская полого-увалистая североредколесная	-3,0...-6,0 -4,0...-6,0	до 0,2 0,2-0,4	сплошное	400-1000	средняя 40-60	холодные 800-1000	умеренно влажные 1,0-1,5
A-2	Мархаринская низкогорная североредколесная	-3,0...-6,0 -4,0...-6,0	0,2-0,4	сплошное	400-1000	средняя 40-60	холодные 800-1000	недостаточно влажные 1,5-2,0
A-3	Моркокинская пологосклоновая редколесная североредколесная	-3,0...-6,0 -4,0...-6,0	до 0,2	сплошное	400-1000	средняя 40-60	холодные 800-1000	умеренно влажные 1,0-1,5
Б-1	Ханнинская маревая интразональная северотаежная	-4,0...-8,0	0,4-0,8	сплошное с подопольными таликами	400-1000	низкая 20-40	холодные 800-1000	умеренно влажные 1,0-1,5
Б-2	Тюнгская приволораздельная североредколесная	-3,0...-6,0 -4,0...-7,0	до 0,2	сплошное	400-1000	низкая 20-40	холодные 800-1000	недостаточно влажные 1,5-2,0
В-1	Алакитско-Олдондонская останцовая горно-редколесная	-2,0...-6,0	до 0,2	сплошное	ок. 1000	средняя 40-60	очень холодные менее 600	влажные 0,5-1,0
В-2	Большекундинская останцовая горно-тундровая	-8,0...-11,0	до 0,2	сплошное	ок. 70	низкая 20-40	очень холодные менее 600	влажные 0,5-1,0
В-3	Лахарчанская грядово-маревая среднетаежная интразональная	-1,0...-3,0	0,4-0,8	сплошное	1200-1500	средняя 40-60	умеренно теплые 1200-1400	недостаточно влажные 1,5-2,0
Г-1	Моркокинско-Ыгыаттинская маревая северотаежная интразональная	-4,0...-8,0	0,4-0,8	сплошное	400-1000	средняя 40-60	холодные 800-1000	умеренно влажные 1,0-1,5

Окончание табл. 1								
Обозначение	Ландшафтные провинции	Температура пород, °С	Объемная суммарная льдистость пород, %	Распространение многолетнемерзлых пород	Запасы фитомассы, ц/га	Продуктивность растительного покрова, ц/га	Условия теплообеспеченности, град.	Условия увлажнения (индекс сухости)
Г-2	Вилуйская приводораздельная пологосклоновая среднетаяжная	-1,5...-3,0	до 0,2	сплошное	400-1000	средняя 40-60	умеренно холодные 1000-1200	умеренно влажные 1,0-1,5
Г-3	Ыгыаттинская маревая северотаяжная интразональная	-1,0...-3,0	0,4-0,6	сплошное	1200-1500	средняя 40-60	умеренно теплые 1200-1400	умеренно влажные 1,0-1,5
Г-4	Улахан-Ботуобинская пологосклоновая среднетаяжная	-1,5...-3,0 -2,0...-3,0	до 0,2 0,2-0,4	сплошное	1200-1500	средняя 40-60	умеренно теплые 1200-1400	недостаточно влажные 1,5-2,0
Д-1	Малоботуобинская приводораздельная сосново-лиственничная среднетаяжная	-0,8...-1,5	до 0,2	сплошное	1200-1500	средняя 40-60	умеренно теплые 1200-1400	сухие 2,0-2,5
Д-2	Сюльдюкарская равнинная полого-склоновая лиственничная и сосново-лиственничная	-0,8...-1,5 -1,5...-3,0	0,2-0,6 до 0,2	сплошное	1200-1500	средняя 40-60	умеренно теплые 1200-1400	недостаточно влажные 1,5-2,0
Е-1	Мархинская межаласно-террасовая	-2,0...-4,0	0,4-0,6	сплошное	400-1000	средняя 40-60	умеренно теплые 1200-1400	недостаточно влажные 1,5-2,0
Е-2	Вилуйско-Сунтарская межаласно-террасовая и древнетеррасовая	-1,0...-3,0	0,2-0,4	сплошное	1200-1500	средняя 40-60	умеренно теплые 1200-1400	сухие 2,0-2,5

Так, оценивание проводилось по следующей шкале ранжирования: среднеустойчивые – 16 и менее баллов; слабоустойчивые – 17–18 баллов; относительно неустойчивые – 19–20 баллов; 21 и более баллов – неустойчивые. В табл. 3 дана суммарная оценка степени устойчивости, произведенная для ландшафтных провинций бассейна р. Вилуй.

В результате анализа полученной оценки установлено следующее. Все ландшафтные комплексы бассейна р. Вилуй расположены в области сплошного распространения многолетнемерзлых пород, что способствует их потенциальной неустойчивости.

Температурный разброс литогенной основы изучаемых комплексов охватывает все градации принятой балльной системы, что обуславливает различные степени их устойчивости. Так, североредколесные ландшафты, имеющие очень низкую температуру горных пород, доходящую до -6 и даже -8°C , определены как относительно устойчивые, а среднетаежные – низкую, в среднем до -3°C , что позволяет считать их более неустойчивыми.

Ханнинская, Лахарчанская, Моркокинско-Ыгыаттинская и Ыгыаттинская маревые слабодренированные интразональные макрогеохоры, несмотря на низкую температуру грунтов, являются слабоустойчивыми из-за высокой льдистости и нерас-

члененной поверхности, в результате чего на них накапливаются воды, приводящие к мерзлотно-геологическим процессам при антропогенных нарушениях.

По величине объемной льдистости пород многие комплексы являются более устойчивыми (от слабоустойчивых до относительно неустойчивых), так как содержат невысокое количество подземного льда (до 0,2 и 0,2–0,4 отн. ед.). Неустойчивыми по этому признаку (0,4–0,8 отн. ед.) явились высокольдистые слабодренированные маревые ландшафты Ханнинская, Лахарчанская, Моркокинско-Ыгыаттинская и Ыгыаттинская.

По биоклиматическим показателям: запасам фитомассы, продуктивности растительного покрова, условиям теплообеспеченности и увлажненности, североредколесные ландшафты, за некоторым исключением, определены как в разной степени слабоустойчивые и неустойчивые, а среднетаежные – как более устойчивые.

Так, по запасам фитомассы (400–1000 ц/га) большинство североредколесных комплексов слабоустойчивы, а среднетаежные (1200–1500 ц/га) преимущественно среднеустойчивые. По продуктивности почти все ландшафты региона являются слабоустойчивыми (40–60 ц/га), кроме Ханнинской, Тюнгской и Большекуондинской с низкой (20–40 ц/га) продуктивностью.

Таблица 2

Оценка влияния природных факторов на снижение устойчивости ландшафтов

Биогидротермические и геоэкологические условия	Оценка влияния в баллах			
	1 балл, среднеустойчивые	2 балла, слабоустойчивые	3 балла, относительно неустойчивые	4 балла, неустойчивые
	не влияет	слабо влияет	заметно влияет	нарушает
Температура грунтов, $^{\circ}\text{C}$	от -5° и ниже	от -2° до -5°	от -1° до -2°	от -1° и выше
Объемная льдистость, отн. ед.	до 0,1	0,1–0,2	0,2–0,4	до 0,6 и более
Характер распространения многолетнемерзлых пород	островной	прерывистый	сплошной с подрусловыми таликами	сплошной
Запасы фитомассы, ц/га	1200–1500	400–1000	около 1000	155–400
Продуктивность, ц/га	повышенно продуктивные, 60–80	средне-продуктивные, 40–60	низко-продуктивные, 20–40	минимально продуктивные, менее 20
Теплообеспеченность, $^{\circ}\text{C}$	умеренно теплые, 1200–1600	умеренно холодные, 1000–1200	холодные, 800–1000	очень холодные, 600 и ниже
Индекс сухости, $\text{ккал}\cdot\text{м}^2/\text{год}$	сухие, $> 2,0$	недостаточно влажные, 1,5–2,0	умеренно влажные, 1,0–1,5	влажные 0,5–1,0

Таблица 3

Оценка степени устойчивости ландшафтов бассейна р. Виллой

Обозначение	Ландшафтные провинции	Температура пород, °С	Объемная суммарная льдистость пород, %	Распространение многолетнемерзлых пород	Запасы фитомассы, ц/га	Продуктивность растительного покрова, ц/га	Условия теплообеспеченности, град.	Условия увлажнения (индекс сухости)	Сумма баллов	Степень устойчивости
А-1	Оленекско-Виллойская поло-го-увалистая северотаежная	1	2	4	2	2	3	3	17	слабоустойчивая
А-2	Мархаринская возвышенная	1	3	4	2	3	3	2	17	слабоустойчивая
А-3	Моркокинская пологоскло-новая	1	2	4	2	3	3	3	17	слабоустойчивая
Б-1	Ханнинская маревая водо-раздельная	1	4	3	2	3	3	3	19	относительно неустойчивая
Б-2	Тюнгская равнинная заболо-ченная	1	4	4	2	3	3	2	19	относительно неустойчивая
В-1	Алакитско-Олдонгдонская возвышенная	1	2	4	3	2	4	4	20	относительно неустойчивая
В-2	Большекуондинская горно-тундровая	1	2	4	4	3	4	4	22	неустойчивая
В-3	Лахарчанская маревая сред-нетаежная	2	4	4	2	2	2	2	18	слабоустойчивая
Г-1	Моркокинско-Ыгыаттинская маревая северотаежная	1	4	4	2	2	3	3	19	относительно неустойчивая
Г-2	Виллойская пологосклоновая	2	2	4	2	2	2	3	17	слабоустойчивая
Г-3	Ыгыаттинская пологоскло-новая маревая	2	4	4	1	2	1	3	17	слабоустойчивая
Г-4	Улахан-Ботуобинская поло-госклоновая	2	2	4	1	2	1	1	13	среднеустойчивая
Д-1	Малоботуобинская слабо-дренированная	3	2	4	1	2	1	2	15	среднеустойчивая
Д-2	Сюльдюкарская пологоскло-новая	3	3	4	1	2	1	2	16	слабоустойчивая
Е-1	Мархинская межжаласно-тер-расовая	2	4	4	2	2	1	2	17	слабоустойчивая
Е-2	Виллойско-Сунтарская ме-жаласно-террасовая и древ-нетеррасовая	3	3	4	1	2	1	1	15	среднеустойчивая

По условиям теплообеспеченности се-вероредколесные – холодные (800–1000°), т.е. относительно неустойчивы, а средне-таежные – умеренно теплые (1200–1600°), что является показателем средней степе-ни устойчивости.

Условия увлажнения как северных, так и среднетаежных макроеохор имеют большой разброс, от сухих до влажных, что определяет различную степень их устойчивости. Так, большинство северных ландшафтов влажные и умеренно влаж-

ные, что обуславливает их неустойчивость, а среднетаежные – недостаточно влажные. Наименее устойчивы влажные Ханнин-ская и Тюнгская макроеохоры, наиболее устойчивыми комплексами явились Ма-лоботуобинская и Виллойско-Сунтарская с наиболее сухими условиями. Наиболее неустойчивой по всем биоклиматическим показателям определена Большекуондин-ская горно-тундровая макроеохора, отли-чающаяся наиболее холодными и влажны-ми условиями.

Выводы

В результате исследования выявлено, что в целом ландшафты Вилюйского бассейна по принятым мерзлотным и биоклиматическим показателям обладают различной степенью устойчивости к механическим антропогенным воздействиям. Их распределение соответствует закономерностям широтной зональности ландшафтообразующих факторов, осложненной локальными особенностями, обусловившими наличие интразональных ландшафтов. Определено, что среднетаежные ландшафты в основном обладают средней степенью устойчивости, а северные редколесные слабоустойчивы и относительно неустойчивы. К наименьшей степени устойчивости отнесена горно-тундровая макрогеохора. Интразональные водораздельные маревые северотаежные ландшафты, а также среднетаежный определены как слабоустойчивые и относительно неустойчивые.

Список литературы / References

1. АЛРОСА – история алмазной компании, показатели на ... [Электронный ресурс]. URL: <https://OpenTrainer.ru/articles/alrosa/> (дата обращения: 19.02.2020).
2. ALROSA – history of the diamond company, indicators on ... [Electronic resource]. URL: <https://OpenTrainer.ru/articles/alrosa/> (date of access: 19.02.2020) (in Russian).
3. Вольперт Я.Л., Шадрин Р.Г. Влияние техногенной трансформации таежных ландшафтов на сообщества мелких млекопитающих Западной Якутии // Проблемы региональной экологии. 2010. № 4. С. 153–157.
4. Volpert Ya.L., Shadrina R.G. Influence of technogenic transformation of taiga landscapes on communities of small mammals in Western Yakutia // Problemy regional'noj jekologii. 2010. № 4. P. 153–157 (in Russian).
5. Асеев А.Л., Лебедев М.П. О концепции Программы комплексных научных исследований в Республике Саха (Якутия) // Экономика Востока России. 2015. № 2(4). С. 9–11.
6. Aseev A.L., Lebedev M.P. About the concept of the Program of integrated scientific research in the Republic of Sakha (Yakutia) // Jekonomika Vostoka Rossii. 2015. № 2 (4). P. 9–11 (in Russian).
7. Коновалова Т.И., Бессолицина Е.П. Устойчивость и направления антропогенных преобразований геосистем южной части средней Сибири // Известия Иркутского государственного университета. Сер. Науки о Земле. 2011. Т. 4. № 2. С. 120–137.
8. Konovalova T.I., Bessolitsyna E.P. Stability and directions of anthropogenic transformation of geosystems of the southern part of Central Siberia // Izvestija Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Nauki o Zemle. 2011. T. 4. № 2. P. 120–137 (in Russian).
9. Абалаков А.Д., Лопаткин Д.А. Устойчивость ландшафтов и ее картографирование // Известия Иркутского государственного университета. 2014. Т. 8. С. 2–14.
10. Abalakov A.D., Lopatkin D.A. Mapping of Landscape Stability // Izvestija Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. 2014. T. 8. P. 2–14 (in Russian).
11. Горохов А.Н. Оценка устойчивости мерзлотных ландшафтов Верхоянского района Республики Саха (Якутия) // География и геоэкология на службе науки и инновационного образования: материалы XI Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному Дню Земли и 100-летию заповедной системы России. Красноярск: Изд-во: КГУ, 2016. С. 25–28.
12. Gorokhov A.N. Assessment of stability of permafrost landscapes in the Verkhoyansk district of the Republic of Sakha (Yakutia) // Geografija i geojekologija na sluzhbe nauki i innovacionnogo obrazovanija: materialy XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj Vsemirnomu Dnju Zemli i 100-letiju zapovednoj sistemy Rossii. Krasnojarsk: Izd-vo: KGU, 2016. P. 25–28 (in Russian).
13. Физическая география СССР: Азиатская часть / Под ред. Н.А. Гвоздецкого. М.: Высшая школа. 1987. 447 с.
14. Physical Geography of the USSR: Asn Part / N.A. Gvozdeckij (ed.). 1987. 447 p. (in Russian).
15. Николаева Н.А. Геосистемная структура бассейна реки Вилюй // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=12781> (дата обращения: 12.10.2020).
16. Nikolaeva N.A. Geosystem structure of the Vilyui river basin // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. № 2. [Electronic resource]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=12781> (date of access: 19.02.2020) (in Russian).
17. Сочава Б.В. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 319 с.
18. Sochava B.V. Introduction to the doctrine of geosystems. Novosibirsk: Nauka, 1978. 319 p. (in Russian).
19. Шполянская Н.А., Зотова Л.И. Карта устойчивости ландшафтов криолитозоны Западной Сибири // Вестник МГУ. 1994. № 1. Сер. 5. География. С. 56–65.
20. Shpolyanskaya N.A., Zotova L.I. Stability map of landscapes of permafrost zone of Western Siberia // Vestnik MGU. 1994. № 1. Ser. 5. Geografija. P. 56–65 (in Russian).
21. Букс И.И. Некоторые методические вопросы определения потенциальной устойчивости природных комплексов в целях прогнозирования их состояния // Методология и методы географического прогнозирования. М., 1983. С. 104–113.
22. Buchs I.I. Some methodological issues of determining the potential sustainability of natural complexes in order to predict their status // Metodologija i metody geograficheskogo prognozirovaniya. M., 1983. P. 104–113 (in Russian).
23. Федоров А.Н., Торговкин Я.И., Шестакова А.А., Васильев Н.Ф., Макаров В.С. и др. Мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия). Масштаб 1:1 500 000 / гл. ред. М.Н. Железняк. 2018. 2 л.
24. Fedorov A.N., Torgovkin Ya.I., Shestakova A.A., Vasiliev N.F., Makarov V.S. and etc. Permafrost-landscape map of the Republic Sakha (Yakutia). Scale 1:1 500 000 / M.N. Zhelezniak (ed.). 2018. 2 l. (in Russian).