

УДК 911.2:504.06

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТЕПНЫХ ГЕОСИСТЕМ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Давыдова Н.Д.

*ИГСО РАН «Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН», Иркутск,
e-mail: davydova@irigs.irk.ru*

Проведена оценка многолетнего влияния глобальных изменений климата на геосистемы северных степей Центральной Азии. Приведены результаты натурных наблюдений показателей условий природной среды и ответной реакции компонентов степных геосистем Онон-Аргунского междуречья. Установлены критерии, индицирующие их изменения, которые проявились в XXI веке. При этом ведущими факторами в преобразовании природных систем остаются тепло и влага, а главное – это их количественные соотношения.

Ключевые слова: климат, геосистема, влажность почвы, структура, растительное сообщество, продуктивность, критерии комплексной индикации

DYNAMICS OF INDICATORS OF STEPPE GEOSYSTEMS OF THE SOUTH- EASTERN TRANSBAIKALIA UNDER THE CONDITIONS OF GLOBAL CLIMATE CHANGES

Davydova N.D.

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: davydova@irigs.irk.ru

An assessment of the long-term impact of global climate changes on geosystems of northern steppes of Central Asia was made. The paper presents the results of field observations of the indicators of natural environment conditions and a response of components of steppe geosystems of the Onon-Argun interfluvium. Criteria, indicating their changes, manifested in the 21st century, were identified. At the same time the leading factors in the transformation of natural systems are heat and moisture, and first of all their quantitative ratios.

Keywords: climate, geosystem, soil moisture, structure, plant community, productivity, integrated indication criteria

Глобальное потепление – одна из важных проблем современности. С целью выявления причин возникновения этого феномена и проявления возможных негативных последствий в биосфере, таящих в себе угрозу благополучному существованию человека на Земле в 1988 году была основана Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК). Задача группы заключается в сборе, обработке, анализе и оценке информации, касающейся проблемы повышения температуры за счет увеличения концентрации парниковых газов. Значение работы МГЭИК очень важно. Ее выполнение позволит не только снизить уровень концентрации парниковых газов, влияющих на температуру атмосферы, но и улучшить экологическую обстановку. Кроме того, в случае достижения указанной цели это поможет внести ясность в вопросах влияния на температуру Земли факторов орбитального [7] и антропогенного [4] характеров, которые на современном этапе вероятнее всего суммируются. То, что климат на Земле непосредственно зависит от астрофизической цикличности, находит отражение в периодичности событий долговременного масштаба на планете, в том числе геологических. С позиций природно-климатических изменений в [8]

проанализирована динамика катаклизмов, зафиксированных в геологической летописи. Авторы полагают, что наша планета находится в переходной фазе – начале кайнозойской весны, и ознаменовалась резким (в масштабе геологического времени) глобальным потеплением, активным вулканизмом и землетрясениями, засухами и пожарами, ливнями, снегопадами и наводнениями. В отчетах же МГЭИК [5] рассматривается лишь одна причина всех указанных событий, связанных с неуклонным повышением концентрации парниковых газов в атмосфере, что вызывает не согласие и критику. В то же время многие авторы признают, что антропогенный фактор исключать нельзя и поэтому состояние компонентов природной среды должно находиться под постоянным контролем.

Цель исследования – выявить тренды показателей развития геосистем северных степей Центральной Азии в изменяющихся климатических условиях.

Материалы и методы исследования

Степи Юго-Восточного Забайкалья занимают обширную территорию, являясь естественным продолжением степей Монголии и Китая. Они очень чувствительны к внешнему воздействию и с успехом могут использоваться для изучения ответных реак-

ций геосистем на глобальные изменения климата, т. е. служить своеобразным индикатором состояния биосферы, что соответствует биосферно-ноосферной концепции В.И. Вернадского. Мониторинг состояния компонентов криоксерофильных степей на глобальное потепление климата начат в 2001 г. на базе материалов комплексных физико-географических исследований, проводимых под руководством акад. В.Б. Сочавы (1962-1980 гг.) на Харанорском физико-географическом стационаре в Онон – Аргунской степи [9]. Новые материалы были получены за период 2001-2013 гг. в результате экспедиционных исследований и режимных наблюдений в полустационарных условиях [1].

Количественные данные получены по ряду показателей, характеризующих условия среды и соответствующее этому состоянию компонентов геосистем. Для оценки климата анализировались такие показатели как атмосферные осадки, влажность почвы, температура воздуха и почвы. Группа оценочных параметров ответных реакций геосистем включала: жизненное состояние растительного покрова, видовое его разнообразие, проективное покрытие, запасы надземной и подземной фитомассы, химический состав растений -доминантов, а также физическое состояние поверхности почв, морфологические и физико-химические ее свойства, подвижное (водорастворимое) вещество.

Результаты исследования и их обсуждение

Территория исследований входит в обширный климатический район, обозначенный как «область восточноазиатского муссона». Зимой здесь на климат сильное влияние оказывает близость холодного полюса. В это время года над территорией Забайкалья устанавливается мощный отрог Сибирского антициклона, которым обусловлены низкие температуры, большая ясность неба и слабые ветры. К характерным чертам Онон-Аргунского междуречья относятся: резкая континентальность климата, недостаточное увлажнение, обилие сол-

нечного света, островное распространение вечной мерзлоты и отрицательные среднегодовые температуры, которые варьируют от $-0,5$ до $-4,1$ °С. Зима холодная, средняя температура января от -24 ° до -34 °С. Лето начинается с конца мая и продолжается до конца августа. Среднемесячные температуры июля $18-20$ °С. Абсолютный максимум положительных температур 40 °С [6].

Летом, влияние пустынь Центральной Азии ослаблено. Годовое количество атмосферных осадков неустойчиво, меняясь во времени от 150 до 400 мм. Их распределение по сезонам года крайне неравномерно. Только в течение двух летних месяцев (июль, август) выпадает свыше 60% от общего их количества. По их распределению выделяется два резко различающихся периода увлажнения: засушливый (с мая до середины июля) и влажный (с середины июля до сентября). Коэффициент увлажнения по Н.Н. Иванову в засушливый период нивелируется по территории и составляет $0,2-0,3$. Во время увлажнения меняется по рельефу – $0,4-0,6$ (в депрессиях) и $0,8-1,0$ (на хребтах).

Климат исследуемой территории в XXI в. существенно изменился. По данным инструментальных измерений метеостанции Борзя в период с 1955-2011 гг. (рис. 1) установлен хорошо выраженный положительный температурный тренд. Тренд снижения годового количества атмосферных осадков проявляется слабее. Следует заметить, что уменьшение отрицательных среднегодовых температур по сравнению с атмосферными осадками, наблюдалось значительно раньше (с 70-х годов), но существенных отклонений в развитии компонентов геосистем не наблюдалось. Для развития природных систем как показывают результаты наблюдений очень важно их совместное влияние.

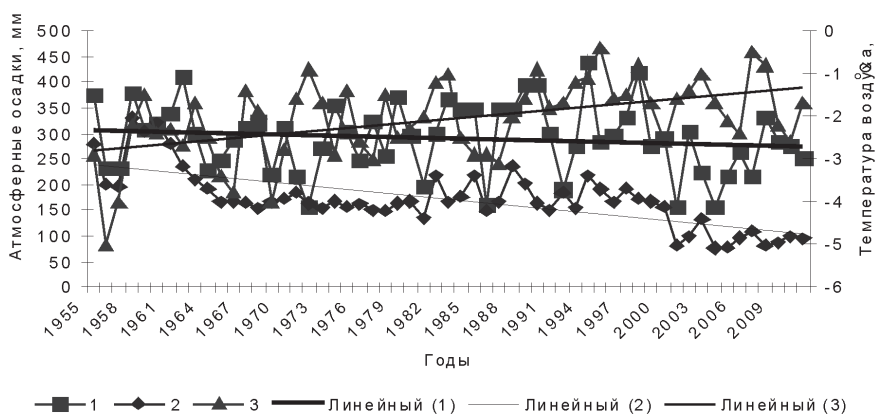


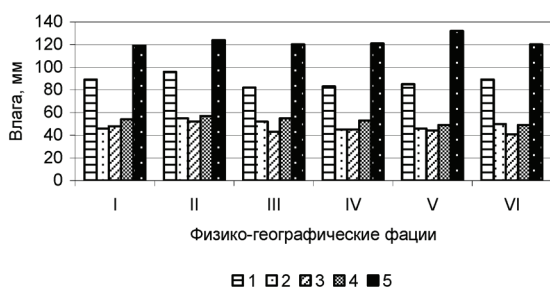
Рис. 1. Динамика показателей гидротермических условий степей Онон-Аргунского междуречья: 1 – атмосферные осадки, 2 – запасы влаги в слое почвы 0-100 см; 3 – температура воздуха и их тренды

В предшествующие 50 лет прошлого столетия осуществлялась закономерная смена влажных периодов длительностью от 4 до 5-6 лет сухими (1-2 года). В настоящее время (с 2001 до 2011 г.) эта закономерность нарушена, что проявляется в существенном уменьшении по годам на 50-100 мм количества атмосферных осадков, установившихся на уровне 150-280 мм / год. В среднем их величина уменьшилась на 64 мм, а среднегодовая температура воздуха повысилась на 1,1°C (рис. 1) т.е. климат, стал суше и теплее. В течение 11-летнего периода отмечалась погодичная динамика анализируемых показателей, соответственно концы «ножниц» их трендов во временных рамках, то сближались, то раздвигались. При этом приход влаги не только снизился, но и распределение ее в течение года стало неустойчивым и менее благоприятным.

Для степных геосистем температура и влажность являются критическими компонентами. И без того незначительный запас

влаги в почве пополняющийся за счет осенней влагозарядки, который ранее поддерживался за счет ее консервации в результате глубокого промерзания и позднего оттаивания почв исчерпан (рис. 2). Увлажнение стало поверхностным. Основной влагооборот осуществлялся в слое почв 0-20 и 0-40 см. Общий запас воды в слое 0-50 см почв всех фаций в наиболее влажный период (по аналогии с прошлым столетием) во второй половине лета – начале осени изменялся в течение 10 лет от 20 до 82 мм, составляя в среднем 50 мм. Такое количество значительно ниже величин влажности завядания (ВЗ) (86-91 мм). Ранее запасы влаги были заметно выше – от 60 до 107 мм. Вода в метровой толще также находилась практически в недоступной форме – ниже уровня (ВЗ), который для разных фаций варьирует от 130 до 166 мм. Следовательно, в зоне корневого питания растений количество продуктивной влаги большую часть вегетационного сезона находилось в дефиците.

а



б

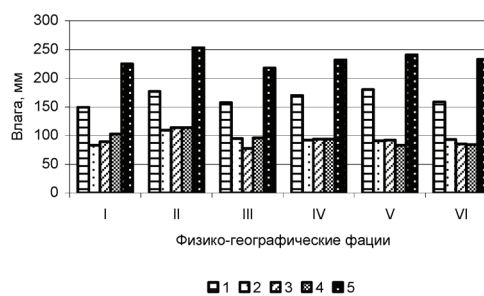


Рис. 2. Динамика запасов влаги черноземов степных фаций топогеосистемы Харанорского ключевого участка во времени:
1 – 1971-1980 гг.; 2 – 2001-2010 гг.; 3 – 2011 г.; 4 – 2012 г. 5 – 2013 г.; а – в слое 0-50 см;
б – в слое 0-100 см

I – VI – физико-географические фации: I – элювиальная хамеродосово-типчакковая (*Chamaerhodos trifida* Ledeb., *Festuca lenensis* Drob.) на черноземе бескарбонатном слабо развитом поверхностно-каменистом вершины сопки; II – трансэлювиальная осоково-ирисово-пижмовая (*Iris ensata* Thunb., *Tanacetum sibiricum* L.) на черноземе мучнисто-карбонатном с пониженным вскипанием, маломощном, малогумусном склоне северной экспозиции; III – элювиально-аккумулятивная разнотравно-осоково-вострещовая (*Carex drymophila* Turcz., *Leymus pseudoagropyrum* Tzvel.) на лугово-черноземной бескарбонатной, мощной, малогумусной, почве днища пади; IV – трансэлювиально-аккумулятивная вострещово-ковыльная (*Leymus pseudoagropyrum* Tzvel., *Stipa baicalensis* Rosh.) на черно-

земе мучнисто-карбонатном глубоко вскипающем среднемощном, малогумусном, легкосуглинистом нижней части южного склона; V – трансэлювиальная разнотравно-ковыльно-чиевая (*Stipa baicalensis* Rosh., *Achnatherum sibiricum* (L.) на черноземе мучнисто-карбонатном высоко вскипающем, маломощном, малогумусном средней части склона; VI – элювиальная ковыльно-пижмовая (*Stipa baicalensis* Rosh., *Tanacetum sibiricum* L.) на черноземе мучнисто-карбонатном глубоко вскипающем, маломощном, малогумусном, древней поверхности выравнивания.

Иссушение вкупе с уменьшением содержания влаги в атмосферном воздухе катастрофически сказалось в первую очередь на жизненном состоянии однопорядных из тополя бальзамического (*Populus balsamifera*

L.) древесных насаждений: полезащитных и снегозадерживающих лесополос, парков, отдельных массивов деревьев. Отмирание деревьев шло последовательно вслед за иссушением почв по глубине. В первые годы усыхание древостоев наблюдалось на повышенных участках, спустя 5-6 лет – на выровненных местоположениях, через 7-8 лет – практически повсеместно. Фрагментарно сохранился лишь нижний кустарниковый ярус, состоящий из вяза приземистого (*Ulmus pumila* L.), караганы древовидной (*Caragana arborescens* Lam.), кизильника черноплодного (*Cotoneaster melanocarpa* Lodd.) и др.

В меньшей степени как более устойчивый к недостатку влаги трансформировался напочвенный растительный покров изменения, в котором происходили постепенно. Часть растений, находящихся на грани их экологического ареала, выпадала, для других менялась их относительная значимость в фитоценозе. Последнее касается ковыля байкальского (*Stipa baicalensis* Rosh.), обитающего на южных склонах, в то время как на выровненных участках его доминирующая роль повысилась. Заброшенные в 1990-е годы пашни повсеместно зарастают ковыльными ассоциациями. Изменившиеся условия конкуренции ведут к отбору определенных видов, более отвечающих сложившимся экологическим условиям. В данном случае, в отличие от ковыля байкальского на южных склонах, увеличивается численность чия сибирского (*Achnatherum sibiricum* (L.)), более приспособленного к сухим условиям, в которых повышается концентрация растворимых солей в почвах. С каждым годом площадь его заселения расширяется. Наиболее значительные изменения, обусловленные иссушением, отмечаются в серийных сообществах осоково-разнотравных лугов днища пади, где ранее после дождей функционировал временный водоток и в условиях отрицательных температур формировались наледи. Доминирующие здесь серийные сообщества осоково-разнотравных лугов: зубровкавые (*Hierochloa glabra* Nrin) с вострецом ложнопырейным (*Leymus pseudoagropyrum*) и осокой (*Carex drymophila* Turcz); вейниково-зубровкавые (*Calamagrostis epiglos* (L.)); зубровка-вейниковые замещаются осокой, полынью, вострецом. В результате сформировались разнотравно-осоково-вострецовые сообщества.

Столь длительная засуха катастрофически сказалась на водности озер. При обследовании в 2006-2009 годы западной части Онон-Аргунского междуречья выявлено, что около половины озер Онон-Борзинской

группы высохло. В 2010 г. исчезла акватория оз. Барун-Торей глубиной до 4 м и площадью 580 км² [3]. Подобного рода негативные проявления в природной среде характерны не только для территории Юго-Восточного Забайкалья, но и для сопряженной территории Монголии и Китая. На территории Монголии в результате потепления климата за первое десятилетие XXI в. полностью высохло 780 малых рек, 590 озер, 1600 минеральных источников [10].

На месте быстро высыхающих озер Юго-Восточного Забайкалья формируются солончаки с трещиноватой такыровидной поверхностью. Установлено, что в солевом составе водных вытяжек донных отложений преобладают ионы SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- и Na^+ . По количеству и соотношению растворимых солей эти осадки представляют собой солончаки преимущественно содово-сульфатного и сульфатно-содового типов засоления (табл. 1). Основное накопление солей приурочено к поверхностному горизонту. С глубиной степень засоления постепенно снижается. По количеству солей в верхнем слое 0-30 см солончаки относятся к очень сильно засоленным.

Обнаженная донная поверхность озер, активно вовлекается в процессы денудации (ветровой дефляции и водной эрозии). Солевые новообразования и частицы мелкодозема «выметаются» с поверхности и частью уносятся, а частью задерживаются кустиками отдельно стоящих солеросов, которые в последствие при погребении погибают. Вокруг них вырастают холмики, имеющие вытянутую форму, часто в направлении юго-восток – северо-запад. В разрезе холмиков днища оз. Харанор (Хара-Нур) под цементированной коркой (1-2 см) было обнаружено два слоя мелкозема. Верхний слой мощностью 22 см слабо уплотнен, имеет белесовато-серый цвет, комковатую структуру, тяжелоглинистый иловатый (73% ила) гранулометрический состав. В нем содержится 2,17% гумуса, 0,35 азота и 11,75% CO_2 карбонатов. Второй слой более светлый. На первый взгляд представляет собой сухой сыпучий песок. Но при исследовании в лаборатории это оказались цементированные частицы ила (71%), которые при контакте с водой распались. Они также обогащены карбонатными солями (11, 5% CO_2), но меньше содержат гумуса (1,55%). Поверхность дна озера легко поддается водной эрозии во время ливневых осадков, особенно в условиях притока воды с окружающих холмов. На пологих склонах ложа формируются промоины шириной от 10 до 60 см и глубиной до 40-50 см, которые в течение одного

летнего сезона также как и остальная поверхность дна активно заселяются солеросами. Со временем они заменяются злаками

и разнотравьем, что еще раз демонстрирует стабилизирующие функции растительного покрова.

Таблица 1

Показатели водной вытяжки засоленных донных отложений

Показатель	Глубина донных отложений, см			
	0,5-1	1-10	10-40	40-80
pH	10,22	9,59	9,10	8,66
Анионы: CO ₃ ⁻	11,30	0,64	0,24	не обнаружено
HCO ₃ ⁻	18,65	5,72	3,70	1,87
Cl ⁻	1,57	0,54	0,15	0,08
SO ₄ ²⁻	33,85	5,55	3,18	2,48
Сумма	65,37	12,45	7,27	4,43
Катионы: Ca ²⁺	0,10	0,15	0,23	0,01
Mg ²⁺	0,31	0,26	2,28	0,08
K ⁺	0,62	0,14	0,40	0,46
Na ⁺	64,24	11,90	4,37	3,90
Сумма	65,27	12,45	7,28	4,45
Сухой остаток	4,66	0,94	0,60	0,34

Примечание. Анионы и катионы, ммоль/100 г почвы; сухой остаток, %.

В 2012 г. количество атмосферных осадков (335 мм) превысило среднегодовую норму на 25 мм, которая за 45-летний период (1955-2000 гг.) составила 310 мм. Однако существенным образом это не повлияло ни на увеличение запасов влаги в почве, ни на какие другие показатели (рис. 2). Иной эффект вызвали в 2013 г. прорвавшиеся с Тихого океана муссоны, которые принесли обильные осадки. Только за июнь и июль их поступило 300 мм. К середине августа общее количество атмосферной влаги достигло 442 мм, что превысило среднегодовую норму на 132 мм. Промачивание почвы осуществлялось на глубину 1,5-2,0 м. Запасы почвенной влаги (рис. 2) в слое 0-100 см увеличились в 2,5 раза по сравнению с засушливым периодом (94 мм), со-

ставив в среднем 233 мм. Среднегодовая норма превышена на 100 мм. Следует заметить, что в указанный 45-ти летний период (1955-2000 гг.) поступление в течение года 440 мм осадков отмечалось всего один раз (в 1994 г.).

Повышенное количество влаги внесло оживление в природу. В ней наблюдались существенные изменения. Появились временные водотоки. Депрессии озер стали наполняться водой, которая отличалась меньшим количеством растворимых солей вследствие выдувания их ветром в период иссушения от той, которая заполняла озера прежде (табл. 2) и повышенной мутностью за счет диспергирования мелкозема, находившегося в надувах и на поверхности ложа озер.

Таблица 2

Показатели химического состава воды оз. Харанор

Время отбора проб, г.	pH	Анионы				Катионы				Сумма		Минерализация, мг/дм ³
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Анионы	Катионы	
1974	8,5	420	1403	850	1152	8	96	4	1587			5520
		7	23	24	24	0,4	8	0,1	69	78	77	
2010*	9,9	840	3416	1522	1728	10	97	35	3220			10868
		14	56	43	36	0,5	8	0,9	140	149	149	
2013	9,2	48	610	177	528	4	13	4	575			1959
		0,8	10	5	11	0,2	1	0,1	25	27	26	

Примечание. Числитель мг/ дм³, знаменатель, ммоль/дм³; * – в 2010 г. на дне озера осталось небольшое блюдце воды.

Растительный покров отозвался усилением роста всех видов, обилием и яркостью красок разнотравья, что рассматривается как проявление луговых признаков степей.

Заклучение

В последнее время на фоне реального потепления климата все чаще наблюдается увеличение числа и повторяемости различных аномальных явлений и стихийных бедствий (засух, ураганов, наводнений и др.), что проявляется и на территории Забайкалья. В период (2001-2011 гг.) регион исследований по климатическим условиям характеризуется как один из наиболее длительных засушливых за последние сто лет. Установлено, что уменьшение прихода влаги в среднем до 245 мм/год в течение 10 лет вызывает негативные явления (исчезновение озер, опускание уровня грунтовых вод, уменьшение запаса влаги в почвах, гибель древесных насаждений, снижение урожая сельскохозяйственных культур и продуктивности степей, и др.), а также трансформацию растительного покрова степей.

В 2013 году сухой период резко сменился влажным вследствие прорыва на запад муссонов Тихого океана, вызвавшим небывалое наводнение в Приморском крае и Амурской области. Поступление обильных осадков показало, что компоненты природной среды очень чутко отзываются как на уменьшение влаги ниже нормы, так и на ее увеличение. Скорость восстановления компонентов геосистем будет зависеть как от величины прихода влаги при условии сохранения температуры на современном уровне, так и от размаха отклонений главных показателей от исходного состояния.

Выявить это входит в задачу геосистемного мониторинга.

Список литературы

1. Давыдова Н.Д. Современное развитие ландшафтно-геохимических процессов в степных геосистемах // Мониторинг и прогнозирование вещественно-динамического состояния геосистем Сибирских регионов. Новосибирск: Наука, 2010. 315 с.
2. Дубынина С.С., Давыдова Н.Д. Сравнительный анализ состояния коренных и антропогенно-измененных геосистем Юго-Восточного Забайкалья // География и природ. ресурсы. 2005. № 1. С.90-95.
3. Замана Л. В. Соленые озера Забайкалья как индикаторы климатических изменений в северо-восточном секторе Центральной Азии // Социально-экономические проблемы развития приграничных регионов России-Китая-Монголии. Чита: Экспресс-издательство, 2010. С.39-42.
4. Изменения климата и их последствия. СПб.: Наука, 2002. 269 с.
5. Изменение климата // Информационный бюллетень Росгидромета. М., 2012. № 38. 29 с.
6. Климатический справочник СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1958. Вып. 23, Ч. 1. 288 с.
7. Миланкович. М. Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата. М.-А.: ГОНТИ, 1939.
8. Параев В.В., Еганов Э.А. Глобальные природно-климатические катаклизмы в истории Земли. Возможная их природа // Геоэкологические и геоинформационные аспекты в исследовании природных условий и ресурсов Науками о Земле: материалы междунар. научно-практ. конф. «VII Жандаевские чтения» (Алматы, 17-18 апреля 2013 г.). Алматы: «Казак университеті», 2013. С. 266-270.
9. Топология степных геосистем. – Л.: Наука, 1970. 174 с.
10. Slynko Yu. V., Dulmaa F., Dgebuadze Yu. Yu., Erdenebat M., Mendsaikhan B., Karabanov D.P. Fishes of Mongolia: fauna, zoogeography, current state of populations, conservation // Ecological consequences of biosphere processes in the ecotone zone of Southern Siberia and Central Asia: Proceedings of the International Conference. Oral reports (Ulaanbaatar, September 6-8, 2010) – Ulaanbaatar: Bembi san Publishing House, 2010. Vol. 1. P. 92-94.