

УДК 911.2

ПРИНЦИП ПРЕДЕЛЬНОСТИ И АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОГРАФИИ

^{1,2}Напрасников А.Т.

¹*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск;*

²*Иркутский государственный университет, Иркутск, e-mail: r.kodar@mail.ru*

Раскрыт сценарий формирования природных и хозяйственных систем как фактор их предельного состояния. В геосистемах пределом завершается развитие (адаптация к внешним воздействиям), достижение полной гармонии с климатом (оптимального состояния), следует последующая деградация или обновление. Любые природные системы характеризуются предельными размерами и максимальной интенсивностью. На этих положениях обосновывается их предельное состояние и потенциал хозяйственного освоения. Данные положения были дополнены законом физико-географического процесса и принципом дополнителности. Подобный подход обеспечил анализ и синтез природных и хозяйственных систем как завершающий цикл, свойственный их развитию. В целом для биологической сферы (131,4 млн км²) предел составил 32,4 млн км². Это предел освоения крупных природных комплексов. Их суммарная величина значительно больше. Пределом обосновываются также и масса-энергетические балансы обрабатываемых земель. Поэтому возможно рассматривать географический предел как максимальную функцию взаимодействия отдельных ландшафтов с климатом. В конечном итоге достигается их эквифинальное состояние. В конце XX в. площади ряда использованных и резервных земель планеты уже превысили географический предел (34,81 млн км²). Например, орошение земель в конце XX в. достигло 1,11 млн км², равное орошению субтропических пустынных земель – 1,06 млн км². Эти ландшафты уже освоены человеком и полностью преобразованы. В остальных системах проявилось полиномиальное сокращение орошаемых площадей относительно их размеров. Последующее расширение орошаемых земель нежелательно. Они затронут трудно осваиваемые переувлажненные и пустынные земли. В связи с этим возникает необходимость повышения продуктивности уже имеющихся пахотнопригодных земель. Далее анализируется необходимость не только теоретических, но и практических исследований рационального землепользования.

Ключевые слова: географический предел, сукцессия, климаксовое состояние ландшафта, физико-географический процесс, кризисное состояние, пахотнопригодные земли

THE LIMITATION PRINCIPLE AND CURRENT PROBLEMS IN MODERN GEOGRAPHY

^{1,2}Naprasnikov A.T.

¹*V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk;*

²*Irkutsk State University, Irkutsk, e-mail: r.kodar@mail.ru*

This paper outlines the formation scenario for natural and economic systems as the factor of their limit condition. Any natural conditions are characterized by limiting dimensions and by maximal intensity. In geosystems, their adaptation to external effects and development end in the limit, and the attainment of a full harmony with the climate is followed by the degradation or renewal. These statements serve as the substantiation of their limit condition and the potential of economic development. They were complemented by the law of the physical-geographical process and the principle of complementarity. Such an approach was successfully used in analyzing the natural and economic systems as the final cycle characteristic for their development. On the whole, for the biological sphere (131.4 mil. km²) the limit was assessed at 32.4 mil. km². It is the limit of development of large natural complexes. Their total value is considerably larger. The limit also substantiates the mass and energy balances of lands under cultivation. Therefore, the geographical limit can be treated as a maximal function of the interaction of separate landscapes with the climate. Eventually their equifinal state is reached. In the late 20th century, the areas of a number of cultivated and reserve lands on the globe have already exceeded the geographical limit (34.81 mil. km²). For instance, the lands under irrigation in the late 20th century reached 1.11 mil. km², which is equal to irrigation of subtropical desert lands, 1.06 mil. km². These landscapes have now been developed by man and are totally transformed. The other systems showed a polynomial reduction in irrigated areas relative to their size. A further expansion of irrigated lands is undesirable. They will affect hard-to-develop waterlogged and desert lands. This dictates a need to improve productivity of the existing cultivable lands. Further, an analysis is mad of not only theoretical but also practical research on sustainable land management.

Keywords: geographical limit, succession, climax state of landscape, physical-geographical process, cultivable lands

Понятие предела прослеживается в ряде естественных наук в виде определений фаз зрелости, оптимальной интенсивности, критических величин массы, энергии и площадей ландшафтов. В физической география в конце XX в. было обосновано «феноменологическое представление об иерархической организации территории, о статистической

связи компонентов ландшафта, о соотношениях характерного пространства и времени процессов» [1]. Однако предел данных явлений до сих пор не раскрыт. В этой связи в работе была поставлена цель: осуществить анализ и обоснование пределов развития природных и хозяйственных систем и потенциала их использования.

Результаты исследования и их обсуждение

Впервые положение ограничивающего (лимитирующего) фактора обосновано в законе толерантности В.Э. Шелфорда, так называемого закона минимума Либиха. Его признаки имеются в принципе дополнителности Н. Бора, оптимуме физико-географического процесса А.А. Григорьева, в геосистемах В.Б. Сочавы. Эти разрозненные положения в биологии, географии и физике оказались едиными в познании взаимодействий ландшафта с внешними ресурсами окружающей среды, с хозяйственной деятельностью человека. В экологии правило В.Э. Шелфорда является универсальным законом толерантности. Диапазон толерантности по каждому фактору ограничен минимальными и максимальными состояниями [2]. Максимальное состояние рассматривается как высшая, кульминационная точка, за которой следует затухание. Выражен процесс колоколообразной формой с максимумом оптимального, завершающего развития. В геологическое периоды такие явления имели место, когда возникала необходимость сохранения организмов в замкнутых (рефугиумах) пространствах, переживая неблагоприятный для них период [3]. Подобные проявления характерны для распределения разных групп фаций в определенных площадях географических систем [4]. Анализ современного природопользования в России позволил выявить пределы экологического риска и новые экологические угрозы [5]. В географии был обоснован оптимум физико-географического процесса как вершина его развития в условиях равенства атмосферных осадков водному эквиваленту радиационного баланса (испаряемости). В почвах при нем формируется оптимальное увлажнение, равное наименьшей влагоёмкости. В этих условиях биологическая продукция достигает максимальных величин. Данные критерии послужили основой определения мелиоративных норм орошения и осушения – отличное научное достижение, внедренное в практику хозяйственной деятельности человека.

Развитие физико-географического процесса подтверждается сукцессией, отражающей последовательную смену состояний ландшафта. Содержание процесса логично дополняется климаксовым состоянием ландшафта с высшей стадией развития ландшафта, соответствующей полному единству с климатом. Кульминация подоб-

ного развития определяется как «эквивалентное состояние».

Реализация принципа предельности в гидрологии прослеживается на примере низкого стока рек бассейна Колымы. Модуль минимального стока возрастает до 12 л/с. км² при нарастании водосборной площади до 100–1000 км². Последующий рост площадей резко сокращает летнюю межень. Это происходит, когда водный режим гор сменяется равнинным. За этим следует увеличение площади водосбора, занятой растительностью, и, следовательно, повышение испарения. В гидрологии условия формирования стока рек осуществляются по сценарию физико-географического процесса. В определенные периоды водные потоки приобретают многоводный и маловодный режимы, отражают проявления предельных состояний [6].

Во всех изложенных формулировках присутствуют признаки оптимума и предела развития природных систем. Они соответствуют общему представлению о физико-географическом процессе, включающим развитие (адаптацию к внешним воздействиям), достижение зрелости (оптимума) – географического предела и последующую деградацию всей системы. Данные положения полностью реализуются в современной мелиорации, при создании совершенных мелиоративных систем. Так, эквивалентное равенство тепла и влаги обеспечивает наименьшую влагоемкость почв и, соответственно, оптимальную продуктивность.

Принцип предельности и дополнителности в географии и геоэкологии

Б.М. Ишмуратов впервые применил принцип дополнителности Н. Бора при анализе географических проблем [7]. Автор предложил расширить известную концепцию единством предельных и экстремальных явлений в физической и экономической географии. Общее определение принципа дополнителности в географии сформулировано следующим образом. Многие природные процессы представляют собой предельные, несовместимые и исключают друг друга явления. Лишь совместные взаимодействия могут сформировать единый завершающий процесс.

Наглядным примером может быть обоснование единства водного и теплового балансов. Современные достижения науки обеспечили их объединение введением в структуру водного эквивалента радиаци-

онного баланса – максимально возможного радиационного испарения и параметра n , определяющего их материальное и энергетическое единство. Данное единство объединяет коэффициент увлажнения – отношение атмосферных осадков к максимально возможному испарению $\beta = X/E_m$.

Вторым примером может быть единство мелиорации с экологией. Мелиорация, повышающая продуктивность земель, трансформирует их, а экология призвана сохранять. Эти противоречия преодолеваются посредством третьего дополнительного фактора – балансом равноценных затрат на сохранение экосистем и обеспечение мелиорацией максимальной биологической продукции.

Реализация принципа предельности в географии, геоэкологии и мелиорации

Доказательной базой изложенных положений послужили данные Г.В. Добровольского, И.С. Урусевской [8], представленные в виде модели рациональной структуры земельных угодий. Эти данные для современной действительности несколько устарели. Но они являются единственной информацией, которая обеспечивает баланс связей между разными типами ландшафтов и составляющими хозяйственной деятельности человека. Исходная информация была проверена, исправлена и дополнена данными из других литературных источников [9].

На планете площади пахотнопригодных земель в конце прошлого столетия составили 32,78 млн км², 22% от размеров суши

(149 млн км²) или от биологической сферы (133,4 млн км²) – 24,6%. Географический предел определяется типом и рангом природной системы.

Региональный анализ используемых и резервных площадей пашен характеризуется графиками (рис. 1, А). Наивысшая точка тренда (y_1) во влажных и засушливых тропических системах представлена предельной площадью используемых и резервных земель – 6,3 млн км². За гранью предела 6,3 млн км² еще в конце XX в. оказались почвы влажных тропических почв с пониженными размерами почв – 6,1 млн км². Последующее снижение тренда (y_1) указывает на меньшую интенсивность развития этой системы. К данному пределу приблизились тропические засушливые земли с размерами 5,9 млн км² на площади 17,1 млн км².

Зональный анализ больших почвенных групп пахотнопригодных земель осуществлялся по площадям тундр, пустынных почв, черноземов, красноземов и желтоземов, пепельно-вулканических, каменистых, песчаных и других почвенных комплексов. Результаты представлены корреляциями (рис. 1, Б).

Во влажных биоклиматических комплексах с площадью 39 млн км² географический предел пашен составил 12,24 млн км². В сухих и неудобных землях используется 4,3 млн км² в пределах 21,8 млн км² географических систем. Имеется возможность расширять площади и использовать, но, видимо, данный подход является неэффективным.

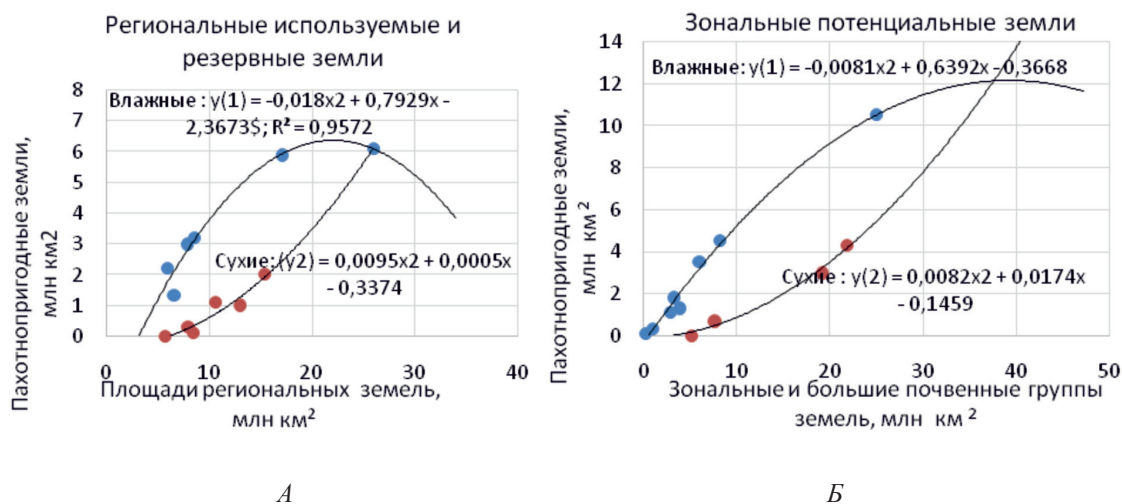


Рис. 1. Изменения площадей пашен в региональных и зонально-планетарных системах

Планетарный анализ зональных и больших почвенных групп земель осуществлялся с привлечением площадей биосферы – 131,5 млн км² и потенциала пахотнопригодных земель – 31,9 млн км². Был определен их географический предел – 32,4 млн км². В конце XX в. под пашнями было 32,78 млн км². Моделью рациональной структуры земельных угодий суши предусматривалась возможность расширения площадей обрабатываемых земель до 26,78 млн км² [10]. Таким образом, по разным методам в конце прошлого столетия должно быть освоено земель, соответствующие площадям географического предела – 32,4 млн км². Но это в основном соответствовало освоению тропических влажных и засушливых земель. Практически ещё в прошлом веке потенциальный предел освоения пахотнопригодных земель был завершен. Пашни сухих и климатически непригодных земель составили 4,7 млн км² на площади биоклиматических комплексов 8,6 млн км². Здесь потенциальный резерв освоения огромный, но явно нерентабельный. По утверждению Г.В. Добровольского, площади в таких биоклиматических комплексах трудно осваиваемые.

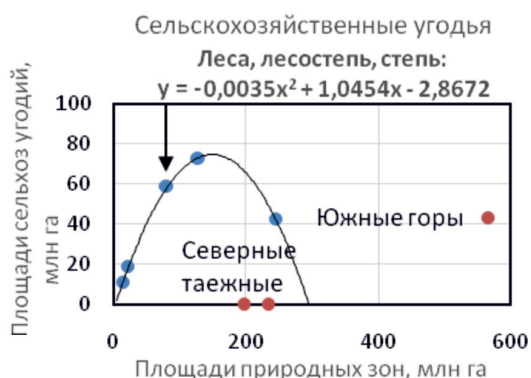
Анализ зональных и больших почвенных групп земель России

В России прослеживается зонально-региональная дифференциация сельскохозяйственных угодий (рис. 2, А). Это равнинные леса, лесостепи и степи. Обособленно выделяются площади лесов северной тайги и южных гор. Первые характеризуются избытком влаги и недостатком тепла, слабо заселенными землями с минимальными пло-

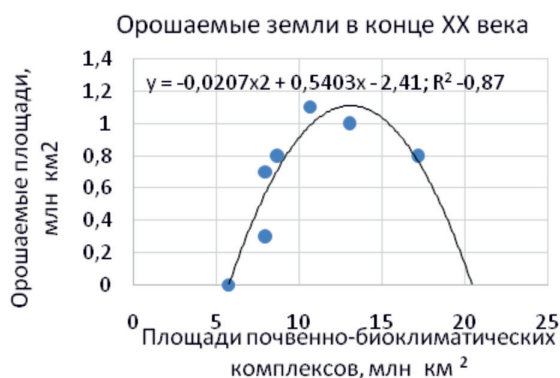
щадями сельхозугодий – 0,06–0,12 млн га. Вторые обеспечены теплом и влагой, сформированы интенсивным (гидрологическим) сбросом избытка влаги в горах. При данных условиях формируется наименьшая влагоёмкость горных почв в пределах 43 млн га, при общей площади горных систем – 565,4 млн га. Эти условия обеспечивают высокую продуктивность культурных растений.

Площади сельскохозяйственных угодий равнин России являются функцией размеров природных зон (рис. 2, А). Здесь в природных комплексах, размером 149 млн га, максимальный географический предел сельскохозяйственных угодий составляет 75,2 млн га. К данному пределу близка хозяйственная деятельность в лесостепи. В ней распаханные земли составляют 72,8 млн га на 127,3 млн га геосистем. Лесостепь практически вся освоена хозяйственной деятельностью.

Частично освоены южные части лесов и тайги – южно-таежные и южно-лесные ландшафты. Они трансформировались в локальные природно-технические, урбанизированные и аграрные системы. Их состояние обеспечивается взаимодействием с окружающей средой и контролируется деятельностью человека. Однако здесь антропогенные ландшафты окружены слабо измененными лесами и тайгой. Подобный «симбиоз» городских и сельскохозяйственных конгломераций в окружении естественных лесов возможно отнести к землям России с благоприятными условиями для проживания человека. Они являются и резервом их последующего освоения.



А



Б

Рис. 2. Пахотнопригодные земли России и орошаемые земли планеты

В других природных системах площади сельхозугодий России наименьшие по сравнению с географическим пределом (79 млн га). В лесостепи они равны 72,8 млн га, в умеренно влажных степях – 58,9 млн га, в сухих степях – 19 млн га, полупустынях – 11,2 млн га. Таким образом, в России еще имеется значительный резерв возможного освоения целинных земель. Но в целях их рационального использования необходимы соответствующие ландшафтные, экологические и мелиоративные исследования.

Мелиорация земель и предел их освоения

В конце XX в. в природных системах планеты с площадью 13 млн км² предел орошаемых земель достиг 1,11 млн км² (рис. 2, Б). Это предел орошения оказался равным орошению субтропических пустынных земель – 1,06 млн км². Ландшафты освоены человеком и полностью преобразились. Данный предел, как бы «позволен» природой и соответствующими экономическими затратами.

В остальных ландшафтах прослеживается единая тенденция – с увеличением геосистем орошаемые земли возрастают. Но только до географического предела 1,11 млн га. При последующем росте площадей ландшафтов размеры орошаемых земель сокращаются. Данный географический предел превышен в засушливых тропических комплексах с площадями 17,1 млн км² и с орошаемыми землями 0,8 млн км². К нему приближаются тропические пустынные земли с площадями 1,06 млн км² и с орошаемыми землями 1,1 млн км². В остальных системах проявляется полиномиальное сокращение орошаемых площадей относительно их размеров. Все это отлично фиксирует корреляцией тренда графика (рис. 2, Б). Дальнейшее расширение орошаемых земель нежелательно. В связи с этим необходимо повышать продуктивность уже имеющихся пахотнопригодных земель.

Во всем изложенном следует подчеркнуть особенность географического предела. При полной согласованности ландшафтных и климатических ресурсов они достигают максимальных величин. Хорошо известно, что данный процесс усиливается антропогенной деятельностью [9]. Практически любые изменения составляющих ландшафтов сопровождаются накоплением в них тепла. Возможно предположить, что источником современного

глобального потепления являются территории государств с существенно преобразованными промышленностью и сельским хозяйством ландшафтами: США, Китай, Индия. В них следует ожидать макрорегиональные повышения температуры атмосферы, а ее распространение посредством северо-западной атлантической и муссонной тихоокеанской циркуляции воздушных масс, возможно, обеспечивает глобальное потепление климата.

Заключение

Обоснован географический предел природных систем – региональный, зональный и планетарный. Это в основном понятие физико-географическое. Здесь подразумевается эквифинальное состояние, к которому стремится на определенном эволюционном этапе природная система. Географический предел отражает высшую стадию развития, соответствующую наиболее полному единству с ресурсами климата. За этим следует ослабление устойчивости географической системы, ее полная деградация или преобразование в иную форму. Таким образом, географический предел завершает формирование размеров природных систем, достижение ими оптимальной интенсивности (естественной и хозяйственной) и максимальной биологической продуктивности.

В целом на планете еще в конце XX в. наступил предел использования земель под пашни и появились признаки критического состояния природных систем. Продолжилось освоение территорий, неудобных для земледелия, которые потребовали повышения экономических затрат. Наступил момент учитывать равнозначность затрат на сохранение природной среды и создание эффективных хозяйственных систем, безвредных для природы и человека.

Деградирующие и видоизмененные человеком природные системы накопили значительные масса-энергетические ресурсы и влияют на климат обратным интерактивным воздействием. В зависимости от сценария данного взаимодействия, возможно ожидать формирование глобального потепления или наступающего ледникового периода. Ведущая роль в данном процессе принадлежит географическим системам, контролируемым антропогенной деятельностью. Данное утверждение может являться альтернативой множеству гипотез, объясняющих иные климатические изменения на планете.

Список литературы / References

1. Пузаченко Ю.Г. Методические основы измерения сложности ландшафта // Известия РАН. Серия география. 1995. № 4. С. 30–50.
- Puzachenko Yu.G. Methodical basis for measuring the complexity of the landscape // *Izvestiya RAN. Seriya geografiya*. 1995. № 4. P. 30–50 (in Russian).
2. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология: Общеэкологическая концепция биосферы и экономические рычаги преодоления глобального экологического кризиса; обзор современных принципов и методов защиты биосферы: учебник для вузов. Томск: ТПУ, 2014. 327 с.
- Panin V.F., Sechin A.I., Fedosova V.D. *Ecology: The general ecological concept of the biosphere and economic levers of overcoming the global environmental crisis; review of modern principles and methods of protection of the biosphere: A textbook for universities*. Tomsk: TPU, 2014. 327 p. (in Russian).
3. Чепинога В.В., Протопопова М.В., Павличенко В.В. Выявление вероятных плейстоценовых микрорефугиумов на северном макросклоне хребта Хамар-Дабан (Южное Прибайкалье) // *Сибирский экологический журнал*. 2017. Т. 24. № 1. С. 44–50. DOI: 10.15372/SEJ20170105.
- Chepinoga V.V., Protopopova M.V., Pavlichenko V.V. Detection of the most probable Pleistocene microrefugia on the northern macroslope of the Khamar-Daban Ridge (Southern Prebaikalia) // *Contemporary Problems of Ecology*. 2017. V. 10. № 1. P. 38–42. DOI: 10.1134/S1995425517010036.
4. Фролов А.А. Геоинформационное картографирование изменчивости ландшафтов (на примере Южного Прибайкалья) // *География и природ. ресурсы*. 2015. № 1. С. 156–166.
- Frolov A.A. Geoinformational mapping of landscape variability (Exemplified by Southern Cisbaikalia) // *Geography and Natural Resources*. 2015. V. 36. № 1. P.156–166. DOI: 10.1134/S187537281501014X.
5. Клюев Н.Н. Современные тенденции природопользования в России: новые экологические угрозы // *Экологический риск. Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием*. Иркутск, 18–21 апреля 2017 г. Иркутск: Изд. Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. С. 31–33.
- Klyuev N.N. Modern trends in environmental management in Russia: new environmental threats // *Environmental risk. Materials of the IV All-Russian Scientific Conference with international participation*. Irkutsk, April 18–21, 2017 Irkutsk: Izd. Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2017. P. 31–33 (in Russian).
6. Кичигина Н.В., Воропай Н.Н. Экстремальные гидроклиматические события в Байкальском регионе в период современных климатических изменений // *Экологический риск. Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием*. Иркутск, 18–21 апреля 2017 г. Иркутск: Изд. института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. С. 172–174.
- Kichigina N.V., Voropai N.N. Extreme hydroclimatic events in the Baikal region in the period of modern climate change // *Environmental risk. Materials of the IV All-Russian Scientific Conference with international participation*. Irkutsk, April 18–21, 2017 Irkutsk: Izd. Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2017. P. 172–174 (in Russian).
7. Ишмуратов Б.М. Принцип дополнителности и современная география // *Доклады Института географии Сибири и Дальнего Востока*. 1973. Вып. 40. С. 74–84.
- Ishmuratov B.M. The complementarity principle and modern geography // *Doklady Instituta geografii Sibiri i Dal'nego Vostoka*. 1973. Vyp. 40. P. 74–84 (in Russian).
8. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. М.: Изд. МГУ, 2004. 460 с.
- Dobrovolsky G.V., Urusevskaya I.S. *Soil geography*. M.: Izd. MGU, 2004. 460 p. (in Russian).
9. Напрасников А.Т. Геоинформационная и цифровая мелиорация: учебно-методическое пособие. Иркутск: Изд. ИГУ, 2018. 288 с.
- Naprasnikov A.T. *Geoinformation and digital melioration: a teaching aid*. Irkutsk: Izd. IGU, 2018. 288 p. (in Russian).
10. Белов А.В., Владимиров И.В., Соколова Л.Н. Картографическая оценка состояния современной растительности Предбайкалья для оптимизации природопользования // *География и природные ресурсы*. 2016. № 2. С. 62–68.
- Belov A.V., Vladimirov I.V., Sokolova L.N. Cartographic assessment of the present status of vegetation in Prebaikalia for water use optimization // *Geography and Natural Resources*. 2016. V. 37 № 2. P. 62–68. DOI: 10.1134/S1875372816020062.