

УДК 502.37:93:504.54(571.61)

БИОИНЖЕНЕРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА ЮГЕ АМУРО-ЗЕЙСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

© 2017 г. Ирина Г. Борисова, Анна А. Бешецкая

*Амурский филиал Ботанического сада-института Дальневосточного отделения
Российской академии наук, Благовещенск, Россия
e-mail: borisovagis@mail.ru, aniasolov21@mail.ru*

Поступила в редакцию 09.08.2016 г.

Аннотация. В работе представлен мировой опыт проведения биоинженерных мероприятий и их современные практики. Сформулированы методологические положения территориальной организации биоинженерных мероприятий, их экологические функции, основные ландшафтно-экологические правила в территориальной организации, в том числе: дифференцированный подбор, анализ взаимосвязей между биотическими и абиотическими компонентами ландшафта, понимание роли урочища или их совокупности в функционировании крупных геосистем (типа катен и речных бассейнов). На примере юга Амуро-Зейского междуречья (Амурская область) дан анализ экологического состояния территории и степени ее освоенности. Выделено 5 ландшафтов и подсчитаны удельные коэффициенты их освоенности: Зейско-Буреинский – 0.79, Нижнезейский пойменный – 0.67, Благовещенский – 0.47, Корсаковский – 0.39 и Амуро-Зейский – 0.37. Выделено 5 категорий напряженности экологической ситуации в изученных ландшафтах: кризисные, критические, напряженные, конфликтные и удовлетворительные. На основе анализа материалов тематических карт и природных условий, степени освоенности и экологического состояния территории обозначены основные экологические приоритеты в стратегическом планировании биоинженерных мероприятий. В Корсаковском ландшафте – сохранение флористического разнообразия. В Амуро-Зейском ландшафте – снижение рисков разрушительных экзогенных геологических процессов, выравнивание водного режима на водоразделах, биозащитные функции для охотничьего хозяйства, поддержание необходимой мозаичности ландшафта и защита от лесных пожаров. В Благовещенском ландшафте – водоохранные функции, снижение рисков разрушительных экзогенных геологических процессов (противодефляционные и почвозащитные) и поддержание необходимой мозаичности ландшафта. В Зейско-Буреинском ландшафте – противодефляционные и почвозащитные действия и поддержание необходимой мозаичности ландшафта. В Нижнезейском пойменном ландшафте – поддержание и восстановление водорегулирующей функции, сохранение убежищ зональных и азональных видов флоры и фауны на фоне сильно нарушенного ландшафта, противодефляционные и почвозащитные функции, поддержание необходимой мозаичности ландшафта.

Ключевые слова: современная практика биоинженерных мероприятий, геоэкологический подход, территориальная организация биоинженерных мероприятий, хозяйственная освоенность территории, стратегическое планирование, экологические ситуации, ландшафтно-экологические правила, юг Амуро-Зейского междуречья.

DOI: 10.7868/S0373244417040053

BIOENGINEERING MEASURES AT THE SOUTH OF THE AMUR-ZEYA INTERFLUVE

Irina G. Borisova and Anna A. Beshetskaya

*Amur Branch of Botanical Garden-Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences,
Blagoveshchensk, Russia
e-mail: borisovagis@mail.ru, aniasolov21@mail.ru
Received August 09, 2016*

Abstract. This paper presents the world historical experience of bioengineering measures and the modern practices. Methodological principles of the territorial organization of bioengineering measures, their ecological functions, the main landscape-ecological regulations in the territorial organization, including differentiated selection, analysis of the relationships between biotic and abiotic components of the landscape,

understanding the role of the stows or their combination in the functioning of large geosystems (catenas type and river basins), are formulated. Analysis of ecological state of a territory and its degree of development is given on a case of study of the South of the Amur-Zeya interfluvium (Amur oblast). Five landscapes are marked out and specific coefficients of their development are calculated: the Zeya-Bureya landscape – 0.79, the lower Zeya floodplain landscape – 0.67, the Blagoveshchensk landscape – 0.47, the Korsakov landscape – 0.39 and the Amur-Zeya landscape – 0.37. Five categories of environmental situations are marked out: crisis, critical, tense, conflict and satisfactory. On the basis of a series of thematic maps and analysis of natural conditions, as well as the degree of development and the ecological state of the territory, the key environmental priorities in the strategic planning of bioengineering measures are recommended. For the Korsakov landscape this is preservation of the floristic diversity. For the Amur-Zeya landscape these are reduction of risks of devastating exogenous geological processes, alignment of the water regime in watersheds, bioprotective functions for hunting, maintenance of the landscape mosaicity, and protection against forest fires. For the Blagoveshchensk landscape these are water conservation, reduction of risks of devastating exogenous geological processes (anti-deflationary measures and soil protection), and maintenance of the landscape mosaicity. For the Zeya-Bureya landscape these are anti-deflationary measures, soil protection, and maintenance of the landscape mosaicity. For the lower Zeya floodplain landscape these are maintenance and recovery of water regulating function, conservation of zonal and azonal species of flora and fauna against the backdrop of the highly disturbed landscape, anti-deflationary measures, soil protection, and maintenance of the landscape mosaicity.

Keywords: modern practice of bioengineering measures, geoecological approach, territorial organization of bioengineering measures, economic development of a territory, strategic planning, environmental situations, landscape-environmental regulations, the South of the Amur-Zeya interfluvium.

Введение. В настоящее время в практической деятельности, направленной на организацию и оптимизацию территории, широко применяются биоинженерные мероприятия (БИМ). Фактически все исследователи сходятся в том, что БИМ – это конструирование биотехнических комплексов в целях сохранения и восстановления ландшафтов [6, 7, 8, 11, 12, 17, 25]. Существует множество толкований термина БИМ, что объясняется его применением в разных областях науки. В гидротехнической мелиорации БИМ означают водоохранные сооружения, в которых живые организмы (низшие и высшие) естественного или искусственного происхождения используются для очистки (доочистки) воды от загрязняющих примесей. В рамках инженерной биологии биоинженерные сооружения – это биолого-технический комплекс, сохраняющий и создающий основу для функционирования естественной окружающей среды [18]. Под термином “биоинженерные мероприятия” в представленной работе мы понимаем комплекс организационных, строительных и восстановительных работ, использующих живые организмы (низшие и высшие), а также сочетания растительных материалов с материалами искусственного происхождения для достижения экологических и технических целей.

БИМ достаточно жестко “привязаны” к тем или иным хозяйственным объектам и регламентированы по площади. С геоэкологических позиций биоинженерные мероприятия следует рассматривать как систему, которая способна обеспечить экологическую стабильность территории, сохранить в ее пределах устойчивость природного баланса вещества и энергии, ландшафтного

и видового разнообразия, способствовать решению природоохранных и ресурсосберегающих задач. Она может в определенной степени дополнять экологический каркас территории и помогать обеспечивать нормальное воспроизводство экологических услуг геосистем.

Остановимся на трех, на наш взгляд, важных аспектах биоинженерных мероприятий: историческом опыте их проведения, территориальной организации в рамках “природной” инфраструктуры и экологической роли в достижении желаемого результата.

Результаты исследований и их обсуждение. Использование методов биоинженерии было известно еще в древнем Китае, где с помощью корзин, сплетенных из ив или бамбука, заполненных камнями, укрепляли берега рек. Позднее, римляне в гидростроительстве использовали фашины, связки ив. К XVI в. биоинженерные сооружения применялись уже во всей Европе [26].

“Отцом” инженерной биологии считается Артур фон Крюденер [26], который сформулировал определение “инженерная биология” [8] и в 1951 г. выпустил монографию “Инженерная биология”. Выдающийся ученый занимался изучением живого растения и древесины (мертвого растения) [11], используемых в качестве строительного материала при закреплении оврагов и откосов, при укреплении берегов рек и ручьев, при строительстве дорог.

В России использование элементов БИМ известно с 1696 г., когда по указу Петра I была сделана первая попытка разведения леса в степи – высажена

дубовая роща в урочище “Черепаха” близ Таганрога [15, 21].

Идея о защите полей лесными полосами впервые была высказана в 1767 г. выдающимся русским агрономом и лесоводом А. Т. Болотовым, который положил начало учению о земледелии [15]. В 1804–1814 гг. И. Я. Данилевский заложил 1000 га соснового леса на Харьковщине [16].

Об обустройстве земель, нарушенных хозяйственной деятельностью, писал И. Я. Ломиковский в своих работах по комплексному ландшафтно-мелиоративному обустройству в первой четверти XIX в. [15, 18].

Первые работы по защите железных дорог от снежных заносов с помощью защитных лесных насаждений связаны с именем Н. К. Серединского [8].

С 1887 по 1906 г. в России (в Самарской, Саратовской, Ставропольской и других губерниях) были проведены работы по облесению водоразделов степных рек путем создания лесных полос шириной 500–600 м для улучшения климата степей и ослабления действия суховея [18, 21].

В 1892 г. В. В. Докучаевым была обоснована система мер борьбы с засухой [15, 21], в которой он впервые научно обосновал необходимость инженерно-биологических комплексных мероприятий по оздоровлению “земледельческого организма” России. Основу системы составили регулирование водного режима территории, посадки живых изгородей, устройство колодцев и др. [18].

В СССР с 1931 г. полезащитное лесоразведение рассматривалось как наиболее эффективное средство борьбы с засухой и деградацией почв [21]. К 1990 г. в стране было создано около 6 млн га лесомелиоративных насаждений [8].

В настоящее время вопросам инженерной биологии в Европе уделяется большое внимание. В 1995 г. была создана Европейская Федерация инженерной биологии (ЕФИБ), которая объединяет общества Германии, Швейцарии, Италии, Испании, Португалии, Франции, Австрии и России.

Согласно уставу ЕФИБ, ее целью является поддержка инженерной биологии как направления в строительстве, которое придерживается технических, экологических и ландшафтных течений, используя при этом живые строительные материалы [4].

На сегодняшний день БИМ можно рассматривать в виде самостоятельного объекта исследования, представляющего одну из систем природоохранной

организации территории, которая позволяет не только сохранить, но и эффективно использовать механизмы саморегуляции той или иной территории. Анализ современных представлений о биоинженерных мероприятиях (табл. 1) дает возможность вычлениить и сформулировать основные положения, составляющие методологическую основу территориальной организации биоинженерных мероприятий, и представить ее как самостоятельный объект геоэкологических исследований.

- Система БИМ должна формироваться по мере хозяйственного освоения территории с учетом ее природных ресурсов и для целей создания культурного ландшафта.
- БИМ привязаны к объектам производственной деятельности человека. Они являются элементами освоения территории и сложными полифункциональными системными объектами, обладающим активными и пассивными свойствами по отношению к природной среде.
- Проведение БИМ должно учитывать их природную уязвимость, поэтому необходима дифференциация территории и анализ ее свойств на ландшафтном уровне.
- Различный экологический потенциал, характеризующий биоинженерные комплексы, предопределяет ограничения в характере, месте и степени их использования.
- Биоинженерные комплексы отличаются многофункциональным и многокомпонентным ресурсным потенциалом, использование которого должно осуществляться с позиции рационального природопользования с четко составленными приоритетами.
- Приоритеты в проведении биоинженерных мероприятий должны основываться на сохранении экологического равновесия территории и предопределяться природно-ресурсными возможностями и экологическими ограничениями.
- Экологические ограничения БИМ должны объединять регламентацию использования территории как с точки зрения ограничений по природным условиям, так и с последствиями, вытекающими в связи со сложившейся экологической обстановкой.
- Сложившаяся экологическая обстановка должна определяться степенью освоенности территории.

БИМ следует рассматривать как один из важных инструментариев для оптимального устройства территории. Понятие оптимальной

Таблица 1. Современная практика биоинженерных мероприятий

Авторы, источник информации	Страна	Структура и способы БИМ	Назначение БИМ
И.В. Глазунова, Л.Д. Раткович, С.А. Соколова [3]	Россия	Гидротехнические сооружения, использующие естественные свойства водной растительности, бактериальных поселений зарослей, планктонных водорослей, способных разлагать, поглощать и преобразовывать органические и неорганические загрязнители, обеспечивая доочистку воды	Для очистки вод и грунтов
М.А. Захарченко [5]	Россия	Биологические фильтры, которые могут перехватывать, задерживать и трансформировать большую часть загрязнений, растворенных в сточных водах	
Г.А. Золотарев и П.А. Мельничук [6]	Россия	Новый класс водоохраных сооружений, объединяющих в себе основные элементы сооружений почвенной очистки биологических прудов с использованием высшей водной растительности	
А.Г. Мелехин, И.С. Шукин [14]	Россия	Очистка ливневых и талых вод с урбанизированных территорий	
F. Graf [22] С. Graf, A. Böll, F. Graf [23]	Швейцария	Использование микроорганизмов и микоризы грибов	Для очистки почвы и грунтов
Ф. Флоринет [19, 20]	Австрия	Применение разных способов посева семян травянистых растений с внесением органических удобрений. Использование готовых циновок, наполненных кокосовыми фракциями, вторичным сырьем, пенькой или соломой, скрепленные пластмассовой сеткой, внутри которых находятся семена.	Для укрепления склонов и защиты от поверхностной эрозии
Н.Р. Rauch, М. Acharya, Р. Khadka, N. M. Shakya [28]	Непал	Создание деревянных подпорных стен с бамбуковыми ветвями	
В.М. Ивонин [7]	Россия	Защитные лесные насаждения, гидротехнические сооружения, многолетние травы	
L. Lewis [26]	США	Создание живых фашин, заращивание кустарником, упаковка из ветвей, озелененное покрытие из геотекстиля, бревенчатые террасы.	Для увеличения срока эксплуатации автомобильных дорог
А.А. Матвеева [13]	Россия	Инженерно-биологические сооружения, созданные в зоне железнодорожных магистралей	Для укрепления железнодорожных магистралей
Gu Lan, Gao Jiarong, GuoKaili, Kang Ye, Zhu Xiaobo, Wang Bing [24]	Китай	Создание настилов из хвороста вдоль реки	Для укрепления берегов реки
F. Preti [27]	Италия	Новые приемы по берегоукреплению с помощью биоинженерных мероприятий	
Н.Г. Ковалев, В.Е. Озолин, О.Н. Анциферова [9]	Россия	Комплекс инженерно-биологических работ при использовании осушаемых и временно переувлажненных земель	Для восстановления земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота
Ю.И. Сухоруких [8, 16], А.В. Дроздов и др. [12], Е.Г. Парамонов и А.П. Симоненко [15]	Россия	Университетские учебные курсы	Подготовка современных специалистов

организации БИМ сугубо дифференцированно в пространстве и во времени. Выбор критерия оптимальности – одна из сложнейших проблем, так как сами критерии постоянно меняются в связи с развитием общества. На наш взгляд, принятие оптимального решения в организации БИМ на той или иной территории возможно лишь с точки зрения конкретного геоэкологического критерия.

К наиболее важным экологическим функциям биоинженерных комплексов, на наш взгляд, относятся регулирование стока, предотвращение опасных экзогенных геологических и гидрологических процессов, сохранение и восстановление биологического и ландшафтного разнообразия, охотничьих ресурсов, устойчивости почв и выполнение ими буферной роли по отношению к потокам вещества.

Выбор стратегии в организации БИМ должен основываться на учете климата, рельефа, состава почв и почвообразующих отложений, режима увлажнения и видового состава аборигенной флоры. При этом важно следующее положение. При выборе БИМ строительные мероприятия планируются в локальном масштабе (для территорий размером порядка десятков-сотен гектаров), в то время как естественные процессы, в которых будут участвовать искусственно созданные биоинженерные комплексы, происходят в ландшафтном масштабе (размером порядка десятков-сотен тысяч гектаров). Поэтому основная цель организации БИМ – вписаться в систему ландшафтных урочищ и местностей как единиц морфологической структуры, наиболее сопоставимых с масштабом принятия решений.

Выполнение ландшафтно-экологических правил способствует эффективности осуществления БИМ. Ландшафтно-экологические правила опираются: на дифференцированный подбор БИМ в ландшафтных выделах с разными формами рельефа, типами почвообразующих пород и режимом увлажнения; на понимании роли каждого урочища или их совокупности в функционировании крупных геосистем типа катен и речных бассейнов; на анализе взаимосвязей между биотическими и абиотическими компонентами ландшафта.

В стратегическом планировании БИМ на той или иной территории необходимо создание серии разномасштабных карт и картосхем, которые должны быть применимы к конкретному виду ландшафта. Так, например, для юга Амуро-Зейского междуречья (Амурская область) на основе сопряженного анализа авторских карт масштаба 1:200000, 1:50000, 1:25000 нами разработаны планы БИМ для

применения в неморальной и подтаежной зонах юга российского Дальнего Востока (рисунок):

- холмисто-увалистых равнин на коренном основании с господством дубово-черноберезовых лесов (Корсаковский ландшафт) и на рыхлых четвертичных отложениях с дубовыми, сосновыми и смешанными лесами (Амуро-Зейский ландшафт);

- низкой плоско-увалистой сельскохозяйственной равнины с перелесками дубовых и дубово-черноберезовых лесов (Благовещенский ландшафт);

- низких надпойменных террас и террасоувалов агроландшафта (Зейско-Буреинский ландшафт);

- ложбинно-грядово-островной поймы р. Амур, значительно распаханной, с вейниково-разнотравными и разнотравными лугами, с залеженными релками и старичными комплексами с осоковыми и вейниково-осоковыми болотами (Нижнезейский пойменный ландшафт).

Представленные ландшафты по-разному освоены человеком (см. рисунок) и имеют разный ресурсный и экологический потенциал, а, следовательно, и разные приоритеты в проведении БИМ.

Наибольшая уязвимость ландшафтов определяется такими природными характеристиками, как климат и геоморфологические условия.

По агроклиматическому районированию [1] юг Амуро-Зейского междуречья относится к трем подрайонам (см. рисунок): Iб – теплый, влажный; IIб – умеренно-теплый, влажный; IIIб – умеренно-прохладный, влажный. На юге Амуро-Зейского междуречья в весенне-летний (с апреля по июнь) и осенний (сентябрь-октябрь) период формируется теплая ветреная погода (скорость ветра до 20 м/сек) с низкой относительной влажностью (до 30%), которая способствует быстрому распространению лесных пожаров. В некоторые годы такие пожары приводят к природным катастрофам. Лесные пожары влияют на воспроизводство лесов, в том числе на посадки лесных культур, что необходимо учитывать при проектировании БИМ. Неблагоприятные климатические факторы на юге Амуро-Зейского междуречья требуют проведения БИМ, которые представлены в табл. 2.

Ведущими процессами формирования современного рельефа на юге Амуро-Зейского междуречья являются эрозионные процессы и склоновая денудация, характеризующиеся разной интенсивностью в зависимости от крутизны склона. На распаханых территориях в весенне-летний период года наблюдается сильная дефляция.

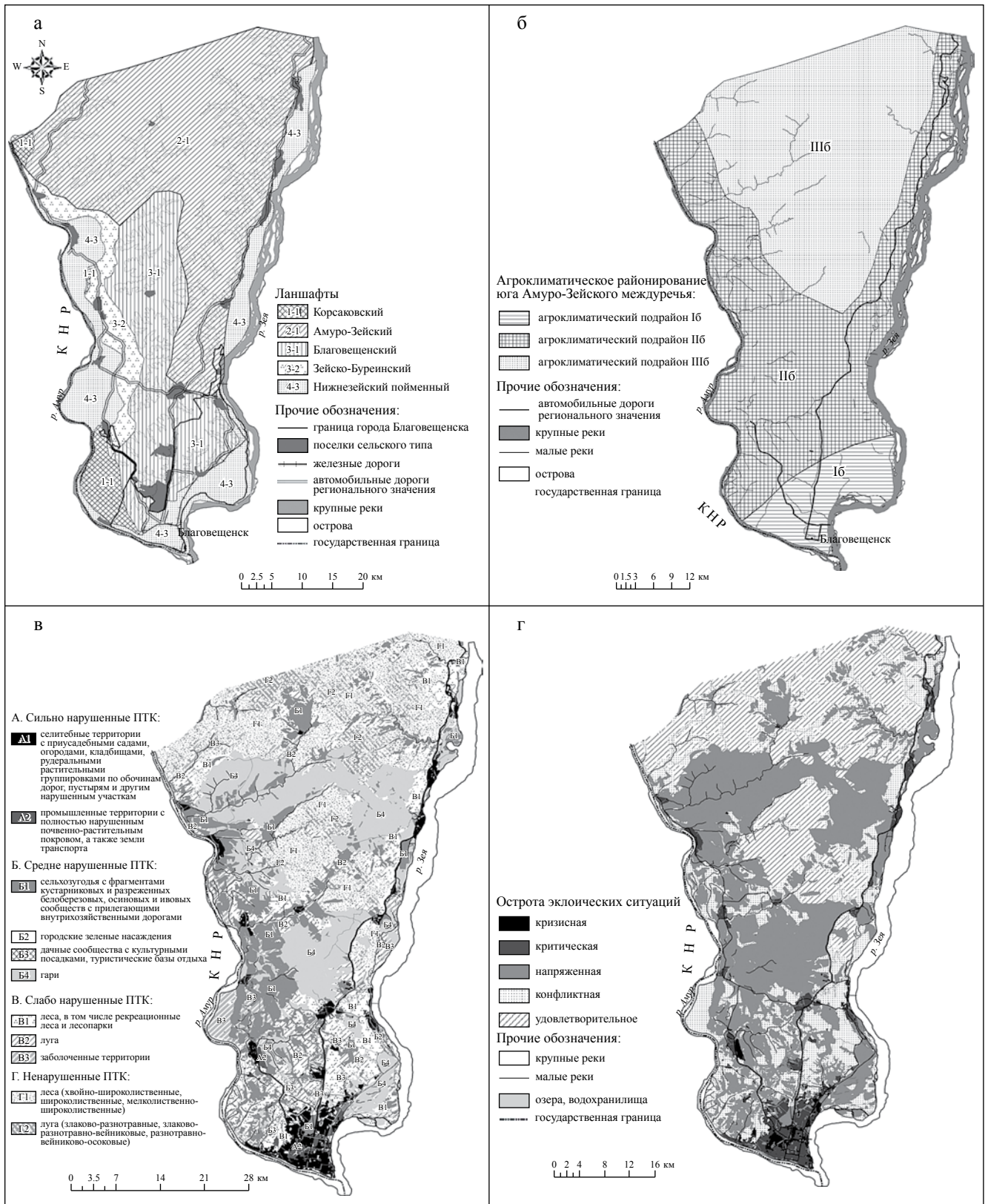


Рисунок. Серия карт для территориальной организации биоинженерных мероприятий на юге Амуро-Зейского междуречья: а) ландшафты; б) агроклиматическое районирование; в) антропогенная нарушенность природных территориальных комплексов (ПТК); г) зонирование по остроте экологических ситуаций.

Таблица 2. Неблагоприятные климатические факторы и их компенсация/минимизация на юге Амуро-Зейского междуречья

Неблагоприятные климатические факторы	Возможные последствия	Компенсационные мероприятия в виде БИМ
Высокие летние температуры, сочетающиеся с сильным дефицитом влаги (засуха)	Лесные пожары, усыхание листьев, медленный рост и гибель растений, плохое самочувствие населения	Устройство минерализованных полос, подбор засухоустойчивых видов растений, озеленение территорий общего пользования
Засушливая весна	Лесные пожары, медленный рост растений	Подбор засухоустойчивых видов растений, устройство минерализованных полос
Поздние весенние заморозки	Повреждение всходов и цветочных почек у растений, замедленный рост растений	Подбор устойчивых древесных растений
Сильный ветер	Иссушение и дефляция почвы, поломы ветвей, повреждение корней, лесные пожары, занос снегом дорог	Ветроломные сооружения; полезащитные, ветрорегулирующие лесные полосы; снегозадерживающие заборы и лесные полосы
Грозы, ливни (затяжные ливни в августе)	Эрозия склонов, смыв почвы, повреждения растений, наводнения с резким увеличением русловых потоков	Полезащитные стокорегулирующие лесные полосы, противоэрозионные БИМ, создание дамб, отсыпка камня, опорные стены и габионы, фашины
Малоснежная зима с очень низкими температурами	Морозное иссушение почвы, подмерзание почек и побегов, повреждение корней	Полезащитные лесные полосы

В естественных условиях склоны характеризуются устойчивым состоянием. Эрозионные процессы в днищах долин малых рек подавлены густой кустарниково-травянистой растительностью, препятствующей концентрации водного потока. Процессы заболачивания проявляются также неактивно из-за достаточно высоких фильтрационных свойств грунтов и возможности сброса излишней воды по ложбинам. К особо опасным явлениям на рассматриваемой территории относятся катастрофические наводнения, вызываемые дождевыми паводками во время летних циклонов. В целом, на юге Амуро-Зейского междуречья опасные экзогенные геологические процессы связаны с эрозией, местами с заболачиванием и подтоплением. Необходимость проведения БИМ определяется оценкой геоморфологических рисков форм рельефа. Чем выше геоморфологический риск, тем более важно проведение БИМ (табл. 3). Так, для гравитационных склонов, надпойменных террас, балок и уступов, у которых геоморфологический риск оценивается как наиболее высокий (I), БИМ обязательны.

Оценка необходимости проведения БИМ также осуществляется по показателю удельной освоенности ландшафтов и подсчитывается путем наложения карты антропогенной нарушенности (см. рисунок) на ландшафтную основу. Освоенность — это

соотношение площади нарушенных территорий к общей площади ландшафта. Так, наибольший удельный коэффициент освоенности в настоящее время имеет Зейско-Буреинский ландшафт — 0.79. Несколько ниже он у Нижнезейского пойменного ландшафта — 0.67. Средний коэффициент освоенности у Благовещенского ландшафта — 0.47. Невысокие коэффициенты имеют Корсаковский и Амуро-Зейский ландшафты — 0.39 и 0.37, соответственно.

Для интегральной оценки необходимости БИМ учитываются экологические ситуации на территории, которые представлены на карте зонирования (см. рисунок). Оценка и ранжирование остроты экологических ситуаций осуществлялась по разработкам Б. И. Кочурова [10] и представлены в табл. 4. Они основаны на анализе территориальных сочетаний экологических проблем, характере и интенсивности проявления последствий этих проблем. На исследованной территории было выделено 5 категорий экологических ситуаций по степени остроты: кризисные, критические, напряженные, конфликтные и удовлетворительные (см. табл. 4). Выявлено, что Нижнезейский пойменный ландшафт, кроме высокого удельного коэффициента освоенности, имеет самые большие площади с кризисными (4.03% от площади ландшафта) и критическими (16.29% от площади ландшафта) экологическими ситуациями. За основу

Таблица 3. Оценка геоморфологических рисков и необходимости проведения биоинженерных мероприятий на юге Амуро-Зейского междуречья

№ п/п	Форма рельефа	Углы наклона	Энергия рельефа	Генезис рельефа	Рельефообразующие процессы ²			Геоморфологический риск ³	Необходимость БИМ ⁴
					А ¹	Б	В		
1	Вершинные поверхности	Субгоризонтальные и пологонаклонные	Низкая	Денудационный	Сэ	–	–	V	IV
2	Вершинные поверхности	Слабо выпуклые, субгоризонтальные и пологонаклонные	То же	Аккумулятивный	–	Сэ	–	IV	IV
3	Склоны	Очень пологие склоны (2.5–5°)	То же	Эрозионно-денудационные	Сэ	–	–	V	III
4		Покатые склоны (6–10°)	Средняя		–	Сэ	–	III	III
5		Крутые склоны (10–25°)	Высокая		–	–	Сэ	II	II
6		Гравитационные склоны (более 25°)	Очень высокая		–	–	Гр	I	I
7	Склоны	Очень пологие склоны (2.5–5°)	То же	Эрозионно-аккумулятивные	Сэ	–	–	V	III
8		Покатые склоны (6–10°)	Средняя		–	Сэ	–	III	III
9		Крутые склоны (10–25°)	Высокая		–	–	Сэ	II	II
10		Гравитационные склоны (более 25°)	Очень высокая		–	–	Гр, Сэ	I	I
11	Надпойменные террасы	Пологонаклонные, субгоризонтальные	Низкая	То же	–	Зб, Кр	–	II	I
12	Террасовалы	Пологонаклонные с выпуклым профилем	Средняя	То же	–	Сэ	–	III	II
13	Пойма, днища падей	Субгоризонтальная, слабо расчлененная	Низкая	То же	–	Кр	Рэ, Зб	I	II
14	Балки, лощины	От средней крутизны до крутых	Высокая	Эрозионные	–	–	Эр	I	I
15	Седловины	Пологие и средней крутизны	Средняя	Эрозионно-аккумулятивные	–	Сэ	–	III	III
16	Уступы	Крутые	Высокая	Денудационные	Гр, Эр	–	–	I	I
17	Пролувиальные конуса выноса	Пологонаклонные, слабо выпуклые	Средняя	Аккумулятивные	Сэ	–	–	III	III

Примечания:

¹А – участки без видимых проявлений экзогенных геологических процессов (ЭГП) с прогнозом возникновения новых очагов и форм при техногенном воздействии; Б – участки со слабым проявлением ЭГП с прогнозом их активизации и возникновением новых очагов и форм при техногенном воздействии; В – участки с сильным проявлением ЭГП с прогнозом их активизации и возникновением новых очагов и форм при техногенном воздействии.

²Процессы: Сэ – склоновая эрозия, Кр – криогенные, Гр – гравитационные, Рэ – речная эрозия, Зб – заболачивание, Эр – эрозия.

³Геоморфологический риск: I – наиболее высокий, II – высокий, III – средний, IV – низкий, V – наиболее низкий.

⁴Необходимость проведения БИМ: I – обязательно, II – выборочно, III – рекомендовано, но не обязательно, IV – нет необходимости.

Таблица 4. Экологическая ситуация на территории юга Амуро-Зейского междуречья

Острота экологических ситуаций	Описание	Площадь, км ²	Доля от площади ландшафта, %				
			Амуро-Зейский	Благовещенский	Зейско-Буреинский	Корсаковский	Нижнезейский пойменный
Кризисная	В ландшафтах возникают очень значительные и слабо компенсируемые изменения, происходит полное истощение природных ресурсов	28.86	0.05	0.98	1.86	2.39	4.03
Критическая	Значительные и слабокомпенсируемые изменения в ландшафтах; быстрое нарастание угрозы истощения или утраты природных ресурсов (в том числе генофонда), уникальных природных объектов	127.21	1.55	5.72	3.71	5.67	16.29
Напряженная	Негативные изменения в отдельных компонентах ландшафтов, нарушение или деградация отдельных природных ресурсов	1091.1	35.28	40.51	73.22	31.4	48.57
Конфликтная	Незначительные в пространстве и во времени изменения в ландшафтах	773.74	25.42	35.03	19.86	48.39	30.94
Удовлетворительная	Отсутствие прямого или косвенного антропогенного воздействия, все свойства ландшафтов не меняются	645.09	37.7	17.76	1.35	12.15	0.17

расчетов взято соотношение удельного коэффициента освоенности ландшафта с количеством площадей с кризисными и критическими экологическими ситуациями в этом ландшафте.

Не вдаваясь в подробности всех результатов ландшафтно-экологических исследований, обозначим разные экологические приоритеты при планировании БИМ на юге Амуро-Зейского междуречья:

1. Корсаковский ландшафт – наименее освоенный ландшафт с преобладанием территорий с конфликтными и удовлетворительными экологическими ситуациями. Он мало уязвим к эрозии, так как располагается на коренном основании. Во флоре присутствуют представители неморальных видов, но ландшафт носит частично экстразональные черты, так как на крутых инсолированных склонах преобладают остепненные ценозы (степойды). Экологическим приоритетом при планировании БИМ должно быть сохранение флористического и ландшафтного разнообразия.

2. Амуро-Зейский ландшафт имеет низкий удельный коэффициент освоенности, малую долю территорий с кризисными и критическими экологическими ситуациями. Контрастность рельефа способствует высокому разнообразию биотопов от сухих сосняков на буроземах до заболоченных долин малых рек и падей. Для него характерно высокое видовое разнообразие флоры и растительности за счет присутствия как бореальных, так и неморальных видов. Экологические приоритеты при назначении БИМ – снижение рисков разрушительных экзогенных геологических процессов, выравнивание водного режима на водоразделах, биозащитные функции для охотничьего хозяйства, поддержание необходимой мозаичности ландшафта и защита от лесных пожаров.

3. Благовещенский ландшафт имеет высокий коэффициент освоенности, характеризуется конфликтными и критическими экологическими ситуациями. В ландшафте высокий процент распаханых земель на плодородных

почвах – буроземах темных. Для него характерна повышенная уязвимость к эрозии и дефляция. В растительности – представители зоны широколиственных лесов. Экологические приоритеты при планировании БИМ – водоохранные функции, снижение рисков разрушительных экзогенных геологических процессов (почвозащитные и противодефляционные функции) и поддержание необходимой мозаичности ландшафта.

4. Зейско-Буреинский ландшафт практически полностью распахан, имеет самые плодородные почвы юга Дальнего Востока – черноземовидные. Удельный коэффициент освоенности самый высокий (0.79) при общей небольшой площади ландшафта на юге Амуро-Зейского междуречья. На большей части территории ландшафта экологическая ситуация напряженная. Экологические приоритеты при планировании БИМ – противодефляционные и почвозащитные функции, поддержание необходимой мозаичности ландшафта.

5. Нижнезейский пойменный ландшафт имеет высокий коэффициент освоенности (0.67) и большие площади с кризисными и критическими экологическими ситуациями. В ландшафте доминирует луговая растительность, лесистость за время освоения уменьшилась с 40% до 1–2% от общей площади ландшафта [2]. Велика доля озерных (старичных) комплексов. На ландшафт накладываются трансграничные функции, так как он находится в пойме пограничной с Китаем р. Амур. В последние годы китайская сторона активизировала на своей стороне строительные берегоукрепляющие работы, что приводит к изменению русловых процессов в самой реке. Экологические приоритеты – поддержание и восстановление водорегулирующей функции, функция убежища зональных и азональных видов флоры и фауны на фоне сильно нарушенного ландшафта, противодефляционные и почвозащитные функции, поддержание необходимой мозаичности ландшафта.

В стратегии планирования БИМ главным принципом является принцип компенсации – необходимость обеспечивать компенсацию на территории утраченных частью геосистемы функций. Принцип компенсации должен соблюдаться на разных иерархических уровнях: бассейна и катены, ландшафта, местности, урочища, подурочища (в зависимости от целей). На уровне крупного речного бассейна интенсивное хозяйственное освоение нижней части бассейна должно компенсироваться приоритетами водорегулирующих и почвозащитных функций БИМ.

На уровне локальной катены, то есть подурочища, урочища или группы урочищ главные

БИМ – это проектирование буферных лесов в соответствии с формой склона и составом почвообразующих отложений.

Анализ “миграционной структуры ландшафта” в широком смысле лежит в основе планировочных решений БИМ относительно желательных и нежелательных потоков вещества. Это часто территории с особо высокой ценностью и/или уязвимостью: наиболее уязвимые к загрязнению природные территориальные комплексы, места пересечения миграционных путей животных, участки резкого возрастания интенсивности потоков (например, водных после таяния снега, летних ливневых осадков), зоны питания грунтовых вод и т.д.

Заключение. В территориальном планировании биоинженерные мероприятия становятся необходимым элементом полуприродной инфраструктуры хозяйственно освоенных территорий. Богатый исторический опыт их использования и современные технологии позволяют широко внедрять биоинженерные комплексы в практику обустройства культурного ландшафта. В связи с этим БИМ нужно трактовать как систему пространственных биотехнических решений для обеспечения экологической безопасности, согласования экономической эффективности хозяйственных объектов с ландшафтной структурой территории. Обязательными составными частями географического и экологического подходов к стратегическому планированию БИМ являются:

1) тематические географические карты как основа для выявления экологических приоритетов и ограничений, а также для территориальной привязки;

2) выбор оптимальной модели БИМ для конкретной территории с учетом ее хозяйственной освоенности и экологическими ситуациями;

3) регулирование вещественно-энергетических потоков в ландшафте с целью минимизации природно-антропогенных угроз;

4) учет биологического и ландшафтного разнообразия территории для создания адекватной ландшафтной мозаичности с целью сохранения адвентивной флоры и охотничье-промысловых ресурсов.

Биоинженерные мероприятия с точки зрения ландшафтной географии должны предотвращать/минимизировать/компенсировать необратимые утраты экологических функций той или иной территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Амурской области / Отв. ред. К. П. Березников. Л.: Гидрометиздат, 1973. 104 с.
2. *Борисова И. Г.* Ландшафтно-планировочные предложения в бассейне р. Алим-Манга (юг Зейско-Буреинской равнины) // Проблемы экологии и рационального использования природных ресурсов в Дальневосточном регионе: Матер. регион. науч.-практ. конф. 21–23 декабря 2004 г. / Под общ. ред. проф. Л. Г. Колесниковой. Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2004. Т. 1. С. 49–52.
3. *Глазунова И. В., Раткович Л. Д., Соколова С. А.* Проектирование биоинженерных сооружений в составе схем комплексного использования водных ресурсов. М.: МГУП, 2007. 63 с.
4. Европейская Федерация инженерной биологии. <http://www.efib.org/index.html> (дата обращения 1.02.2014).
5. *Захарченко М. А.* Биоинженерные сооружения (БИС) для очистки бытовых сточных вод. <http://www.phytoremediation.com.ua/ru/publikaczi/59-bonzhenern-sporudibs-dlya-ochishhennya-pobutovix-stchnix-vod.html> (дата обращения 10.12.15).
6. *Золотарев Г. А., Мельничук П. А.* Биоинженерные очистные сооружения как пример эффективного использования управляемого природного процесса самоочищения в бассейнах малых рек // Актуальні питання біології, екології та хімії. 2010. Т. 2. № 1. С. 64–68.
7. *Ивонин В. М.* Теоретические основы противозерозионных инженерно-биологических систем // Науч. журн. Российского НИИ проблем мелиорации. 2013. № 4 (12). С. 15–29.
8. Инженерная биология с элементами ландшафтного планирования / Под ред. Ю. И. Сухоруких. Майкоп—М.: Т-во научн. изд. КМК, 2006. 281 с.
9. *Ковалев Н. Г., Озолин В. Е., Анциферова О. Н.* Инженерно-биологические работы при использовании выведенных из активного сельскохозяйственного оборота осушаемых и временно переувлажненных земель // Инженерная биология в современном мире: Междунар. конф.: Сб. матер. Майкоп: Магарин О. Г., 2011. С. 102–113.
10. *Кочуров Б. И.* Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территорий. Смоленск: СГУ, 1999. 154 с.
11. *Крюденер А. А.* Инженерная биология. М.: МГУЛ, 2003. 172 с.
12. Ландшафтное планирование с элементами инженерной биологии. М.: Т-во научн. изд. КМК, 2006. 239 с.
13. *Матвеева А. А.* Инженерно-биологические работы в зоне железнодорожных магистралей // Вестн. ВолГУ. Сер. 11. 2011. № 1 (1). С. 55–59.
14. *Мелехин А. Г., Шукин И. С.* Применение биоинженерных сооружений для очистки ливневых и талых вод с урбанизированных территорий // Вестн. ПНИПУ. Строит. и арх. 2012. № 1. С. 122–132.
15. Основы агролесомелиорации / Сост. Е. Г. Парамонов, А. П. Симоненко. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. 224 с.
16. Словарь по инженерной биологии / Ред. Ю. И. Сухоруких. Майкоп: Качество, 2007. 189 с.
17. *Сухоруких Ю. И.* Развитие современной инженерной биологии в Российской Федерации // Инженерная биология в современном мире: Междунар. конф.: Сб. материалов. Майкоп: Магарин О. Г., 2011. С. 17–20.
18. *Сухоруких Ю. И., Кулик К. Н., Рулев А. С., Биганова С. Г.* Исторические этапы формирования инженерной биологии в России // Эколог. планирование и управление. 2007. № 1 (2). С. 82–86.
19. *Флоринет Ф.* Инженерно-биологические методы укрепления склонов в Альпах // Эколог. планирование и управление. 2006. № 1. С. 45–50.
20. *Флоринет Ф.* Инженерно-биологические методы укрепления склонов в Альпах: защита глубоких горизонтов почв и грунтов // Эколог. планирование и управление. 2007. № 2 (3). С. 35–245.
21. *Черемисинов А. Ю., Спахова А. С.* Агролесомелиорация. Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2004. 176 с.
22. *Graf F.* Organismen im Lebendverbau: Voraussetzungen und Funktionen // WSL, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 2002. 7 p.
23. *Graf C., Böll A., and Graf F.* Pflanzen im Einsatz gegen Erosion und oberflächennahe Rutschungen. Merkbl. Prax. 37, 2003. 8 p.
24. *Gu Lan, Gao Jiarong, Guo Kaili, Kang Ye, Zhu Xiaobo, and Wang Bing.* Brush Mattress – A Soil Bioengineering Technique for Ecological Riverbank Construction // 2nd Int. Conf. on Ecolog., Environ. and Biolog. Sciences (EEBS'2012). Bali (Indonesia), 2012. pp. 49–51.
25. *Hacker E.* Heutige Herausforderungen für die Ingenieurbiologie in Europa // Инженерная биология в современном мире: Междунар. конф.: Сб. материалов. Майкоп: Магарин О. Г., 2011. С. 200–207.
26. *Lewis L.* Soil bioengineering – an alternative to roadside management – a practical guide. Technical Report 0077–1801-SDTDC. San Dimas, CA: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, San Dimas Technology and Development Center, 2000. 44 p.
27. *Preti F.* Sistemazioni Idrraulico-Forestali e Ingegneria Naturalistica per la Difesa del Territorio // Sintesi dell' intervento al convegno l'ingegneria naturalistica in ambiente mediterraneo, Pisa 22 aprile, 2004. pp. 13–26.
28. *Rauch H. P., Acharya M., Khadka P., and Shakya N. M.* Final report on Assessment of soil bioengineering and conventional methods used in road side slope stabilization work in Nepal // Commission for Development Studies at the Austrian Academy of Sciences. 27 p.

REFERENCES

1. *Agroklimaticheskie resursy Amurskoi oblasti* [Agroclimatic resources of Amur Region]. Bereznikov K. P., Ed. Leningrad: Gidrometizdat Publ., 1973. 104 p.

2. Borisova I.G. Landscape-planning proposals in the river basin Alim-Manga (South Zeya-Bureya Plain). In *Problemy ekologii i ratsional'nogo ispol'zovaniya prirodnikh resursov v Dal'nevostochnom regione* [Problems of ecology and rational use of natural resources in the Far East]. Blagoveshchensk: Blagoveschensk State Pedagog. Univ. Publ., 2004, vol. 1, pp. 49–52. (In Russ.).
3. Glazunova I.V., Ratkovich L.D., Sokolova S.A. *Proektirovanie bioinzhenernykh sooruzhenii v sostave skhem kompleksnogo ispol'zovaniya vodnykh resursov* [Design bioengineered plants as part of schemes of complex use of water resources]. Moscow: MGUP Publ., 2007. 63 p.
4. The European Federation of Engineering Biology. URL: <http://www.efib.org/index.html> (reference date 01.02.2014).
5. Zakharchenko M.A. Bioengineering constructions (BIS) for the treatment of domestic wastewater. (In Russ.) URL: <http://www.phytoremediation.com.ua/ru/publikacii/59-bonzhenern-sporudi-bs-dlya-ochishhennaya-pobutovix-stchnix-vod.html> (reference date 10.12.15).
6. Zolotarev G.A., Melnichuk P.A. Bioengineered treatment plant as an example of effective use of managed natural self-cleaning process in the basins of small rivers. *Aktual'nye voprosy biologii, ekologii i khimii*, 2010, vol. 2, no. 1, pp. 64–68. (In Russ.).
7. Ivonin V.M. Theoretical foundations of anti-engineering biological systems. *Nauchn. Zhurn. Rossiiskogo NII Problem Melioratsii*, 2013, no. 4 (12), pp. 15–29. (In Russ.).
8. *Inzhenernaya biologiya s elementami landshaftnogo planirovaniya* [Engineering Biology with elements of landscape design], Sukhorukikh Y.I., Ed. Maikop-Moscow: KMK Publ., 2006. 281 p.
9. Kovalev N.G., Ozolin V.E., Antsiferova O.N. Engineering and biological work by using retired from active agricultural use of drained wetlands and temporarily. In *Inzhenernaya biologiya v covremennom mire* [Engineering biology in the modern world]. Maikop: Magarin O.G. Publ., 2011, pp. 102–113. (In Russ.).
10. Kochurov B.I. *Geoekologiya: ekodiagnostika i ekologo-ekonomicheskii balans territorii* [Geoecology: ekodiagnosis and ecological-economic balance of the territories]. Smolensk: SGU Publ., 1999. 154 p.
11. Krudener A.A. *Inzherenaya biologiya* [Engineering biology]. Moscow: MGUL Publ., 2003. 172 p.
12. *Landshsptnoe planirovanie s elementami inzhenernoi biologii* [Landscape planning with elements of engineering biology]. Moscow: KMK Publ., 2006. 239 p.
13. Matveeva A.A. Engineering and biological work in the area of railways. *Vestn. VolGU*. Ser. 11, 2011, no. 1 (1), pp. 55–59. (In Russ.).
14. Melekhin A.G., Shchukin I.S. The use of bioengineered plants for cleaning of storm and melt water from urbanized areas. *Vestn. PNIPU. Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2012, no. 1, pp. 122–132. (In Russ.).
15. *Osnovy agromelioratsii* [Fundamentals of agroforestry], E.G. Paramonov, A.P. Symonenko, Eds. Barnaul: AGAU Publ., 2007. 224 p.
16. *Slovar' po inzhenernoi biologii* [Dictionary of Engineering Biology], Sukhorukikh Y.I., Ed. Maikop: Kachestvo Publ., 2007. 189 p.
17. Sukhorukikh Y.I. Development of modern biology engineering in the Russian Federation. In *Inzhenernaya biologiya v covremennom mire* [Engineering biology in the modern world]. Maikop: Magarin O.G. Publ., 2011, pp. 17–20. (In Russ.).
18. Sukhorukikh Y.I., Kulik K.N., Rulev A.S., Biganova S.G. Historical stages of formation of engineering biology in Russia. *Ecologicheskoe planirovanie i upravlenie*, 2007, no. 1 (2), pp. 82–86. (In Russ.).
19. Florinet F. Engineering and biological methods to strengthen the slopes in the Alps. *Ecologicheskoe planirovanie i upravlenie*, 2006, no. 1, pp. 45–50. (In Russ.).
20. Florinet F. Engineering and biological methods to strengthen the slopes in the Alps: the protection of deep horizons of soils. *Ecologicheskoe planirovanie i upravlenie*, 2007, no. 2 (3), pp. 35–45. (In Russ.).
21. Cheremisinov A.U., Spahova A.S. *Agrolesomelioratsiya* [Agro forestry melioration]. Voronezh: VGU Publ., 2004. 176 p.
22. Graf F. *Organismen im Lebendverbau: Voraussetzungen und Funktionen*. WSL, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 2002. 7 p.
23. Graf C., Böll A., Graf F. *Pflanzen im Einsatz gegen Erosion und oberflächennahe Rutschungen*. *Merkbl. Prax.* 37, 2003. 8 p.
24. Gu Lan, Gao Jiarong, Guo Kaili, Kang Ye, Zhu Xiaobo, Wang Bing. Brush Mattress – A Soil Bioengineering Technique for Ecological Riverbank Construction. In *2nd Int. Conf. on Ecol., Environ., and Biolog. Sciences (EEBS'2012)*. Bali (Indonesia), 2012. pp. 49–51.
25. Hacker E. Heutige Herausforderungen für die Ingenieurbioogie in Europa. In *Inzhenernaya biologiya v covremennom mire*. Maikop: Magarin O.G. Publ., 2011. pp.200–207.
26. Lewis L. *Soil bioengineering – an alternative to roadside management – a practical guide*. Technical Report 0077–1801-SDTDC. San Dimas, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, San Dimas Technology and Development Center, 2000. 44 p.
27. Preti F. Sistemazioni Idraulico-Forestali e Ingegneria Naturalistica per la Difesa del Territorio. In *Sintesi dell'intervento al convegno l'ingegneria naturalistica in ambiente mediterraneo, Pisa 22 aprile, 2004*. pp. 13–26.
28. Rauch H.P., Acharya M., Khadka P., Shakya N.M. *Final report on Assessment of soil bioengineering and conventional methods used in road side slope stabilization work in Nepal*. Commission for Development Studies at the Austrian Academy of Sciences. 27 p.