

УДК 630.64

В. И. КОСМАКОВ

*Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН*

## РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ, НАРУШЕННЫХ РАЗРАБОТКАМИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ, КАК ФАКТОР ТЕХНОГЕННОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛАНДШАФТОВ

Красноярский край является одним из крупных регионов по добыче золота. Большую часть добываемого металла дают коренные (рудные) месторождения, однако здесь развита и добыча россыпного золота. Разработка россыпных месторождений на территории Красноярского края ведется с середины XIX века и до настоящего времени. Россыпные месторождения характеризуются незначительной глубиной залегания ценного компонента, малой мощностью продуктивных слоев и значительной площадью. По происхождению россыпи можно разделить на несколько генетических типов [9]: элювиальные, делювиальные, аллювиальные и пролювиальные россыпи. Генетические типы россыпей определяют гранулометрический состав пород и окатанность фракций. По месту расположения россыпи делятся на следующие геоморфологические типы: ложковые, русловые, косовые, пойменные, увальные и террасовые.

В настоящее время большая часть богатых россыпей отработана. Изменение горно-технических и экономических условий разработки месторождений способствует вовлечению в производство россыпей ранее считавшихся нерентабельными. Кроме того, все чаще обращают внимание на уже отработанные месторождения. Как правило, отвалы таких месторождений содержат промышленные содержания ценного компонента, либо пересчет запасов по изменившимся кондициям позволяет вовлекать в производство ранее не отработывавшиеся, но прилегающие площади. Изменению кондиций способствует усовершенствование технологических возможностей применяемого оборудования. Дополнительным фактором является то, что с каждым годом уменьшается количество разведанных месторождений с достаточно простыми горно-геологическими условиями, что требует вовлечение в производство месторождений с более сложными условиями. В некоторых случаях условия целиковых месторождений очень сложные (отсутствие воды, узкие долины, крутые склоны, высокая заболоченность, вечная мерзлота), и их отработка экономически невыгодна.

Площади горных отвалов составляют от 40 до 400 га и более. Ежегодно в крае нарушается до нескольких тысяч га земель, основная

часть которых расположена в границах Государственного лесного фонда. Нарушениям подвержены как ранее отработанные, так и целиковые (ненарушенные) участки. При этом, в крае с каждым годом увеличиваются площади техногенно-измененных ландшафтов.

Вопрос о рекультивации нарушенных территорий возник в последние десятилетия, а наиболее актуальным стал 15-20 лет назад. До этого времени нарушенные территории оставались нерекультивированными и представляли собой хаотичное нагромождение отвалов из грунтов различных типов.

Исходные ландшафты во многом определяют характер и направление возобновления биоценозов и формирование конечных (климаксовых) сообществ. При этом необходимо учитывать, что на сукцессионные процессы, происходящие на техногенных территориях, влияют не только структура формируемых ландшафтов, но и зональные природные условия. Данные факторы определяют роль и воздействие современных методов рекультивации на лесные экосистемы.

С 1998 года нами проводится изучение состояния техногенных территорий различной степени давности и с различным объемом проводимой рекультивации. В процессе весторонних исследований на различных типах ландшафтов определена динамика восстановления биоценозов и факторы, влияющие на эти процессы. Полученные данные свидетельствуют о необходимости изменения технологии рекультивации россыпных месторождений золота в Красноярском крае. Рекультивационные работы проводятся согласно утвержденным проектам рекультивации, разработанным на основе утвержденных методик [4]. При этом, не проводится глубокий анализ техногенных изменений и факторов, влияющих на возобновление биоценозов. Таким образом, уже на этом этапе закладываются необоснованные мероприятия, которые не только не позволяют снизить степень и период негативного последствия, но и значительно увеличить их.

Главная цель проектируемой рекультивации - восстановление фонового состояния, что само по себе невозможно. Что создавалось природой веками нельзя воссоздать за 3-5 лет

[2]. Рекультивация должна рассматриваться как система технологий по воспроизводству природных ресурсов или в более широком смысле - как оптимизация ландшафтов для дальнейшего хозяйственного использования. Учитывая, что проводимая рекультивация оказывает существенное влияние на динамику восстановления биоценозов, большое значение приобретает прогнозирование протекающих процессов и конечных модификаций исходных ландшафтов [1].

На основе многолетних направленных исследований нами разработана и согласована во всех контролирующих организациях (включая экологическую экспертизу) новая инструкция по рекультивации земель Государственного лесного фонда, нарушенных разработками месторождений россыпного золота в Красноярском крае [3]. В данной инструкции учтены региональные климатические, экономические, социальные и другие условия районов проведения добычных работ, особенности нарушений при различных технологиях добычи, изменение видовой структуры биоты, возможность увеличения биологического разнообразия и экологической емкости территорий. В данной инструкции изложены основные направления и методы рекультивации. Подход к рекультивации каждого полигона должен быть строго индивидуален. При разработке проектов и проведении рекультивации нарушенных территорий необходимо детально изучить воздействие и экологические последствия добычных работ на данном полигоне с учетом его специфических особенностей.

### **Изменение ландшафтно-экологических условий**

Разработка россыпных месторождений оказывает воздействие на основные компоненты окружающей среды. Добычные работы сопровождаются сведением лесной растительности, изменением литогенной основы и пространственной структуры ландшафтов, почвенно-грунтовых условий, гидрологического, гидрохимического, гидробиологического и климатического режимов на техногенных территориях. Переувлажненные участки речных долин сменяются техногенными новообразованиями, характеризующимися оптимальным, а в ряде случаев недостаточным увлажнением. Создается новая пространственная и видовая структура ландшафтов, определяющая характер и продуктивность возобновляющихся биосистем. В результате техногенного воздействия формируются другие экологические условия, обуславливающие развитие новых биогеоценозов в соответствии с типами формируемого ландшафта.

В процессе разработки коренные таежные ландшафты преобразуются в техногенные грядовые озерно-речные комплексы, которые характеризуются пестротой экологических факторов (типы ландшафтов, рельефа, грунтов и др.). Создаваемое строение полигонов во многом зависит от системы разработки, геологических условий месторождения, принятых проектных решений и может разительно отличаться на разных полигонах с применением одинаковой технологии промывки песков.

### ***Изменение структуры ландшафтов***

Территории, нарушенные разработками месторождений россыпного золота, представлены карьерными выемками, траншеями, отвалами вскрышных пород, отвалами промывки, технологическими водоемами, руслами водотоков. Естественные речные долины преобразуются в техногенные грядовые озерно-речные комплексы.

Согласно структурным изменениям, происходящим при добычных работах, техногенные территории подразделяются на несколько участков: русло водотока, пруды-отстойники или дражные разрезы, прибрежная и суходольная части.

Место расположения русла, его длина и занимаемая площадь могут значительно отличаться от первоначальных. Формируемое русло водотока (одного или нескольких, расположенных в границах отработки) характеризуется параметрами, приданными при его формировании. Условия формирования нового русла (длина, ширина, глубина и т. д.) определяются рабочим проектом на отработку месторождения.

Технологические пруды-отстойники и (или) дражные разрезы имеют различную глубину, площадь зеркала воды и конфигурацию, определяемые характером россыпи, применяемым оборудованием, временем работы отстойника, рельефом местности и другими факторами, и могут разительно отличаться на разных полигонах с применением одинаковой технологии.

Суходольная часть полигонов представлена отвалами вскрышных пород и отвалами промывки, характеризуется большей высотой, чем естественные речные долины. Склоны отвалов промывки имеют угол естественного откоса слагающих фракций. Отвалы вскрышных пород, нагорные канавы имеют размеры и формы, созданные в процессе горноподготовительных работ.

При бульдозерной отработке отвалы вскрышных пород располагаются на бортах карьера в выработанном пространстве, отвалы промывки - в выработанном пространстве. При дражной отработке отвалы промывки распола-

гаются в выработанном пространстве и частично на бортах карьера, отвалы вскрышных пород - на бортах карьера и в выработанном пространстве.

Проведенный анализ площадной структуры показывает, что каждое месторождение характеризуется индивидуальными показателями, зависящими от типа россыпи, системы разработки и принятых проектных решений. По этим причинам генерализация структуры нарушаемых полигонов невозможна.

Характеристика грунтов отвалов определяется, исходя из размера преобладающей фракции продуктивного (верхнего) слоя. Проведенные нами исследования показывают, что грунты отвалов подразделяются на три типа: крупнобульжный, каменистый и галечный [6].

Крупнобульжные грунты характеризуются галевой фракцией размером более 15 см, малым содержанием или отсутствием мелкозема, высокой степенью аэрации и слабым грунтовым увлажнением продуктивной (0-20 см) части отвалов.

Каменистые грунты сложены фракциями размером от 5 до 15 см. Пустоты между галечником заняты песком, мелкоземом.

Галечные грунты характеризуются наличием гальки размером менее 5 см, песка, мелкозема. По преобладающей фракции данные отвалы подразделяются на три вида: галечно-суглинистые, суглинисто-галечные и дресвяные.

По высотам отвалы делятся на три типа: высокие - 6-10 м, средневысотные - 3-6 м, низкие - до 3 м над уровнем грунтовых вод.

По степени промытости грунты делятся на промытые, средне промытые, слабо промытые, непромытые.

По мезорельефу техногенные территории подразделяются на плоские, грядовые, бугристые, склоновые, западинные, прибрежные. Прибрежная часть техногенных территорий подразделяется на два типа: берега водотоков, берега водоемов.

По типу затопления - на не затапливаемые, затапливаемые тальными водами (берега непроточных водоемов, межваловые понижения), затапливаемые паводковыми водами (берега водотоков и проточных водоемов).

Разные системы разработки характеризуются формированием различных типов отвалов (табл. 1).

Классификационная схема нарушенных территорий при разработке месторождений россыпного золота представлена в таблице 2.

Приведенная выше классификация техногенных территорий отражает изменение структуры ландшафта речных долин, нарушаемых разработками месторождений россыпного золота.

### ***Изменение экологических условий***

Добычные работы изменяют структуру, грунтов, ландшафт территорий, дренированность и, как следствие - почвенно-грунтовые условия, гидрологический и гидрогеологический режим территории, микроклимат. На данных территориях формируются условия для возобновления новых биоценозов [7, 8, 19].

**Грунтовые условия.** При проведении горноподготовительных и добычных работ образуются отвалы двух типов: отвалы вскрышных пород и отвалы промывки. Отвалы вскрышных пород в свою очередь делятся на два подтипа: отвалы почвенно-растительного

Таблица 1

Классификация отвалов, образующихся при различных системах разработки россыпей

| Тип отвала   | Тип грунтов  | Степень промытости  |
|--|--|---|
| <i>Раздельный бульдозерный способ</i>  |  |   |
| Отвалы вскрышных пород<br>ПРС<br>Торфа<br>Отвалы промывки<br>Галевые<br>Эфельные | суглинисто-галечный<br>суглинисто-галечный<br><br>крупнобульжный<br>галечно-суглинистый,<br>суглинисто-галечный<br>дресвяный | непромытые<br>непромытые<br><br>промытые<br>промытые<br>средне промытые<br>слабо промытые |
| <i>Дражный способ</i>  |  |   |
| Отвалы вскрышных пород<br>ПРС<br>Торфа<br>Отвалы промывки<br>Галевые             | суглинисто-галечный<br>суглинисто-галечный<br><br>крупнобульжный,<br>каменистый  | непромытые<br>непромытые<br><br>промытые<br>средне промытые                               |

Таблица 2

## Классификационная схема нарушенных территорий

| Гранулометрический состав грунтов |                        | Высота |                 | Степень промытости |                 | Мезорельеф |            | Тип затопления |                                |
|-----------------------------------|------------------------|--------|-----------------|--------------------|-----------------|------------|------------|----------------|--------------------------------|
| 1                                 | Крупнобулыжный         | 1      | Высокие         | 1                  | Промытые        | 1          | Плоские    | 1              | Не затопляемые                 |
| 2                                 | Каменистый             | 2      | Средне-высотные | 2                  | Средне промытые | 2          | Грядовые   | 2              | Затопляемые тальми водами      |
| 3                                 | Галечный               | 3      | Низкие          | 3                  | Слабо промытые  | 3          | Бугристые  | 3              | Затопляемые паводковыми водами |
|                                   | а) галечно-суглинистый |        |                 | 4                  | Не промытые     | 4          | Склоновые  |                |                                |
|                                   | б) суглинисто-галечный |        |                 |                    |                 | 5          | Западные   |                |                                |
|                                   | в) дресвяный           |        |                 |                    |                 | 6          | Прибрежные |                |                                |

слоя (ПРС) и отвалы торфов. Отвалы промывки - на галевые и эфельные отвалы.

Снятие и перемешивание почвенного слоя, отдельное его складирование, промывка песков водой приводит к значительному обеднению верхнего слоя грунтов отвалов органическими веществами. Однако промывка грунтов приводит к высвобождению свободных оснований и других минеральных элементов, необходимых для питания растений. Кислые почвы речных долин сменяются техногенными грунтами с реакцией рН, близкой к нейтральной. Питательные элементы содержатся в мелкоземных фракциях, их содержание в продуктивном слое зависит от типа техногенных грунтов, степени промытости россыпи и способе сложения отвалов. Содержание мелкозема в верхнем слое образующихся отвалов является основным показателем плодородия техногенных образований.

**Гидрологический и гидрогеологический режим.** Нарушение геологического профиля россыпей, разрушение водоудерживающих горизонтов, ландшафтные изменения, структура отсыпки отвалов приводят к изменению гидрогеологического режима территорий. Водопроницаемость техногенных грунтов зависит от размера преобладающей фракции, размера пор, коэффициента неоднородности, характера заполнителя (мелкой фракции) и других факторов. Водопроницаемость грунтов определяется содержанием мелкозема. Чем грубодисперснее заполнитель, тем больше размер пор и выше водопроницаемость. В условиях беспорядочной макротекстуры важное значение имеют сложение отвала и характер укладки заполнителя, в частности его неравномерное распределение определяет широкие пределы колебаний пористости. В составе заполнителя большую роль играет содержание глинистых частиц. Например, увеличение содержания их всего на 2 % уменьшает водопроницаемость валунно-галечных грунтов с гравийно-песчаным заполнителем в десятки раз [10].

Нарушение структуры грунтов при обработке полигонов приводит к разрушению пор, порозность становится значительно меньше. В силу более легкого механического состава техногенных грунтов, незначительного количества коллоидно-илистых частиц влагоемкость верхней части почвогрунтов отвалов меньше ненарушенных почв речных долин. Избыточное увлажнение почв ненарушенных речных долин сменяется оптимальным, а в ряде случаев недостаточным. По сути, в долинах рек проводится лесохозяйственная гидромелиорация. Хотя происходит полное нарушение почвогрунтов, их минерализация, а технология не соответствует общепринятым технологиям мелиорации, изменения гидрогеологического режима сходны с изменениями при проведении мелиоративных работ.

**Микроклимат.** Структурные изменения грунтов приводят к большей теплопроводности техногенных новообразований, полное сведение лесной растительности - к большому притоку лучистой энергии и, как следствие, изменяются микроклиматические условия. Улучшение теплового режима приводит к более быстрой оттайке грунтов, что позволяет удлинять вегетационный период на 15-20 дней [11].

На термический режим поверхности техногенных грунтов влияют несколько факторов, важнейшими из которых являются: размер преобладающей фракции отвала (наличие мелкозема, способность грунтов задерживать атмосферные осадки, плотность сложения); высота отвала над уровнем грунтовых вод (возможность грунтовой подпитки верхнего слоя); рельеф территории (предопределяет неравномерность прогрева участков отвалов).

### Лесовозобновление

Естественное возобновление - одно из важнейших природных свойств лесных сообществ, отражающих их способность к самовосстановлению в тех или иных экологических условиях. Лесовозобновление - это постоянно

протекающий в лесных фитоценозах естественный биологический процесс, обеспечивающий их саморазвитие и устойчивое состояние на протяжении длительного времени. Рассмотрение многообразных закономерностей возобновления лесов: появление всходов, формирование состава и численности самосева, его жизнеспособность, особенности размещения по площади - позволяют выявить тенденции и пути дальнейшего развития фитоценоза [16].

При возникновении природных стихийных катастроф (пожары, насекомые, ветровалы и др.), а также сильных антропогенных процессов (интенсивные рубки, горные разработки и др.) происходит нарушение естественного хода развития лесных сообществ, выражающееся в прерывании возрастных смен и возвращении их к восстановительным начальным сукцессиям [14]. Нарушения, происходящие при разработке россыпных месторождений золота, относятся к экстремальным, при которых динамические экосистемы вместе с составляющими статическими погибают. Как отмечает С. К. Фарбер [18], сам по себе вид внешнего воздействия не влияет на течение следующих далее процессов. Реакция лесной экосистемы зависит от силы внешнего воздействия, но не от его вида. Одной степени поражения экосистемы от различных воздействий соответствуют аналогичные последующие процессы.

Коренные изменения структуры территории, почвогрунтов, рельефа, гидрологических, гидрогеологических и микроклиматических условий определяют процессы лесовозобновления и дальнейшего развития ценозов техногенных территорий.

Успешное естественное лесовозобновление на техногенных территориях возможно лишь при определенных условиях. Растительный покров, формирующийся на отвалах, неоднороден по составу и структуре. В первую очередь это связано с пестротой экологической обстановки техногенных новообразований. В этом случае прослеживается закономерность: интенсивность лесовозобновления зависит не только от состава субстрата (преобладающая фракция верхнего слоя отвала и наличие мелкозема) и количества обсеменения, но и от морфометрических показателей отвалов (высота, форма, рельеф).

Факторы, влияющие на лесовозобновление. Первая стадия естественного лесовозобновления (сукцессии) зависит от нескольких факторов, основными из которых являются:

- почвенно-грунтовые условия (размер преобладающей фракции верхнего слоя отвала, высота отвала над уровнем грунтовых вод, форма фракций);

- обеспечение семенным материалом;
- рельеф территории.

*Почвенно-грунтовые условия.* Для прорастания семян, укоренения всходов и дальнейшего развития самосева необходим мелкозем, содержащий питательные элементы и способный накапливать атмосферную влагу. Лимитирующим фактором пригодности техногенных грунтов и показателем их плодородия является наличие мелкозема в продуктивном слое и его распределение в толще отвала. Успешность лесовозобновления во многом зависит от экологических условий грунтов и их соответствия биологии роста древесных пород.

Для анализа влияния состава техногенных субстратов на количество возобновления было отобрано по три пробные площади на отвалах различных грунтов, при этом условия обсеменения всех проб были схожи (рис.). Полученные данные плохо коррелируют, однако показывают, что на количество всходов и приживаемость самосева тип грунтов оказывает немаловажное значение. На отвалах мелкоземных грунтов количество самосева больше, чем на каменистых.

*Обеспечение семенным материалом.* Трансформация почво-грунтов при добычных работах приводит к полному уничтожению семян, находящихся в почве до разработки месторождений. Единственным источником естественного обеспечения семенным материалом техногенных грунтов является обсеменение.

Интенсивность обсеменения зависит от близости стен леса, достигших возраста семенной спелости, крутизны склонов бортов речной долины и наличия обсеменителей внутри контура отработки. Семенники, оставляемые внутри контура отработки, играют важную роль в обеспечении семенным материалом техногенных территорий. Для обеспечения достаточно оставление 10-15 семенников на 1 га [12]. По данным С. Н. Санникова [15], от стен леса высотой 23-26 м и 27-32 м обеспечивается достаточное возобновление на вырубках шириной соответственно 120 и 140 м. В другом источнике [5] зона интенсивного обсеменения - до 2.5 км от стены леса.

Месторождения россыпного золота, как правило, приурочены к долинам небольших рек, ширина которых колеблется от нескольких десятков метров до 1-1.5 километров. Россыпные месторождения имеют вытянутую форму, контур отработки редко превышает нескольких сот метров.

Кроме того, на обсеменение техногенных участков влияет форма склонов. Так наличие крутых склонов долины обеспечивает более обильное обсеменение техногенных участков.

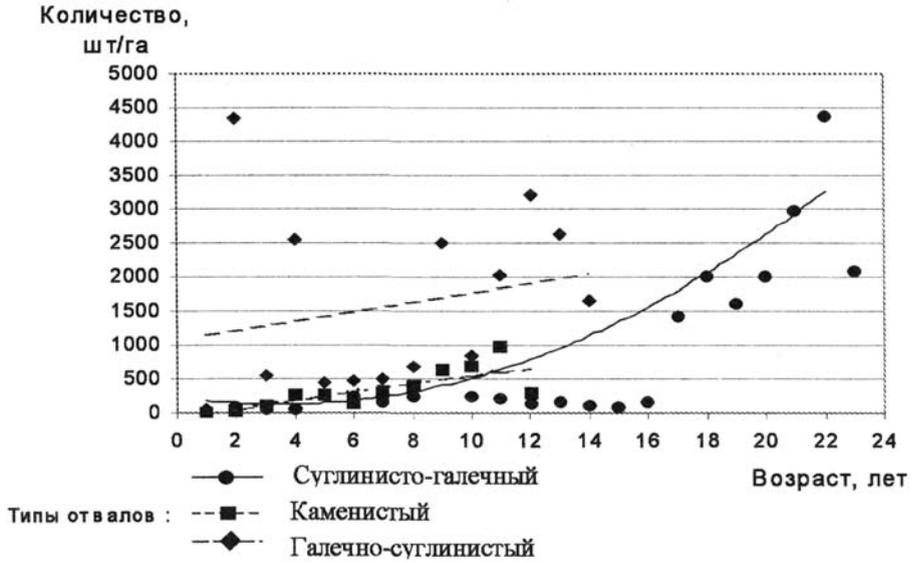


Рис. Количество возобновления на отвалах различных грунтов

Это обуславливается возможностью обсеменения не только ближними к полигону деревьями, но и расположенными в глубине насаждения. Высота и крутизна склонов способствуют более дальнему разлету семян и значительно увеличивают количество обсеменителей.

Дополнительным источником обсеменения служат куртины деревьев, часто оставляемые на ненарушенных участках в контуре обработки.

Влияние на задержание семян на техногенных территориях также оказывает форма рельефа. Разлет семян многих древесных, кустарниковых и травянистых растений происходит в зимнее время и семена перемещаются по насту на значительные расстояния. Пересеченная форма рельефа определяет неравнозначность скорости ветра на полигоне, при этом происходит задержка семян, приносимых ветром с прилегающих и удаленных территорий. Выровненный рельеф не создает условий изменения скорости ветра, при этом ухудшаются условия задержки семян.

*Рельеф территории.* Создаваемый в процессе обработки и рекультивации рельеф территории оказывает значительное влияние на лесовозобновление. Проявляется это, прежде всего, в термическом режиме территорий, развитии эрозионных процессов на мелкоземных отвалах, скорости ветра в приземном слое, глубине промерзания грунтов, водном режиме.

Влияние рельефа на микроклимат очевидно. Он во многом определяет равномерность и экстремальность термических условий, амплитуду суточных температур верхнего слоя техногенных грунтов и приземного слоя воздуха, глубину промерзания почв, а также водный режим грунтов.

Сравнительная характеристика создаваемых условий лесовозобновления при создании различной формы рельефа представлена в таблице 3.

Приведенная сравнительная характеристика условий лесовозобновления при различной поверхности полигонов показывает, что пересеченная форма рельефа является наиболее

Таблица 3

Сравнительная характеристика условий лесовозобновления при различной форме рельефа

| Создаваемые условия лесовозобновления       | Форма рельефа   |   |
|---|---|---|
|   | глубокая планировка, выровненный рельеф                           | валово-гребнистый рельеф, с мелкобугорчатым микрорельефом                   |
| Грунтовые условия                           | однородные  | различные   |
| Термические условия                         | экстремальные   | благоприятные   |
| Условия задержки семян и укоренения всходов | не создает дополнительного обсеменения, вымывание семян и всходов | создает дополнительное обсеменение, предотвращает вымывание семян и всходов |
| Сукцессионная задержка                      | увеличение периода  | снижение периода  |

благоприятной для лесовозобновления и дальнейшего развития насаждений.

#### Начальный этап лесовозобновления.

Формирование новых лесорастительных условий на техногенных территориях приводит к изменению породного состава возобновляющихся насаждений. Характерной чертой естественного лесовозобновления является замещение темнохвойных пород светлохвойными, что подтверждают данные Пермского государственного университета [13]. Насаждения, формирующиеся на отвалах различных типов грунтов, характеризуются сложной многоярусной структурой и неоднородностью состава. При фоновом соотношении темнохвойных и лиственных пород в долинных насаждениях приблизительно в равных долях, доля лиственных пород высоких и средневысотных отвалов меньше, а на пониженных участках часто больше исходной. В составе хвойных - ель и кедр, характерные для коренной долинной формации, замещаются светлохвойными породами: сосной и лиственницей, при этом значительное преобладание имеет сосна. Однако в некоторых случаях, уже на начальной стадии лесовозобновления, темнохвойные породы могут иметь до четырех единиц состава. Преобладание у темнохвойных получает ель. Учитывая, что создаваемые условия экстремальны для темнохвойных, даже появляющиеся в числе первых всходы отстают в росте от семян светлохвойных и лиственных пород и впоследствии переходят во второй ярус. На начальном этапе доля участия в самосеве кедра, как правило, мала в силу специфики создаваемых условий и распространения.

Формируемые грунтовые условия и ландшафт определяют экологическую пригодность техногенных территорий для лесовозобновления. На начальном этапе возобновления экологические условия в большей степени подходят для сосны, обеспечивая самосев необходимыми питательными веществами и позволяют развиваться сосновым насаждениям, превосходящим естественные на 1-2 класса бонитета. Полнота насаждений, в основном, зависит от условий обсеменения, породного состава обсеменителей и типов грунтов.

Различные грунтовые условия и ландшафтно-площадное размещение отвалов определяют динамику лесовозобновления на техногенных территориях. Растительный покров восстанавливается в соответствии с микроэкологическими условиями и характеризуется мозаичностью.

Типы формирующихся насаждений начальной стадии сукцессии на территориях, нарушенных разработкой месторождений рос-

сыпного золота в Красноярском крае, представлены в таблице 4.

Сукцессионные изменения экологических условий. Под воздействием атмосферных явлений происходит усадка фунтов, техногенные территории подвергаются водной и ветровой эрозии, которые влекут изменение рельефа территории. При формировании отвалов коэффициент разрыхления пород от первоначально составляет 1.2-1.8, в зависимости от геологических характеристик, а остаточный коэффициент разрыхления составляет 1.05-1.1. Таким образом, усадка грунтов влечет за собой снижение первоначальной высоты отвалов от 10 до 40 %. Под воздействием атмосферных осадков снижаются углы откосов, происходит сглаживание угловатых форм, конические элементы рельефа приобретают холмистые очертания.

Сглаживание форм характерно для отвалов всех типов грунтов. Период сглаживания форм рельефа зависит от типов грунтов отвалов. Чем выше количество мелкоземной фракции, тем интенсивнее происходит сглаживание.

Через 40 лет после отработки дражные отвалы гофрообразной формы, сложенные из крупнобулыжных грунтов, сглаживаются и принимают форму гряд с относительно ровной поверхностью верхней части.

Перераспределение крупных фракций отвалов, обнажение нижних слоев отвалов, накопление органики и мелкозема приводят к формированию более благоприятных грунтовых условий.

Изменение рельефа и грунтовых условий влияет на обеспечение грунтов влагой. С течением времени увеличиваются уплотнение, калымотаж пор и выветрелость обломков, что приводит к понижению коэффициента фильтрации фунтов. Поэтому фунты старых отвалов менее водопроницаемы, чем молодых, что позволяет в большей степени накапливать атмосферную влагу и обеспечить более высокое поднятие фунтовых вод.

С появлением растительности на техногенных элементах мезорельефа происходит накопление органики и начинаются почвообразовательные процессы [17].

Анализ морфологических описаний почвенных разрезов показал, что дифференциация профилей почв, формирующихся на относительно молодых (30-летних) отвалах, весьма слабо прослеживается [13]. За 20-40 лет на крупнобулыжных и каменистых фунтах при наличии в субсфате даже 1-3 % мелкозема может сформироваться почва, которая обладает по меньшей мере двумя горизонтами, функционально схожими с соответствующими горизонтами зональных почв. Это горизонты лес-

Таблица 4

Типы формирующихся насаждений начальной стадии сукцессии на территориях, нарушенных разработками месторождений россыпного золота

| Тип грунтов          | Высота отвала, м | Преобладающая порода      | Бонитет | Тип формирующихся фитоценозов          |
|----------------------|------------------|---------------------------|---------|--|
| Крупно-бульжный      | 3                | сосна                     | III-IV  | разнотравный, зеленомошный             |
|                      | 4                | сосна                     | III-V   | беломошный, разнотравный, зеленомошный |
|                      | 5                | сосна                     | III-V   | беломошный, разнотравный, зеленомошный |
|                      | 6                | сосна                     | VI-V    | беломошный, разнотравный, зеленомошный |
| Каменистый           | 3                | сосна                     | II-IV   | разнотравный, зеленомошный             |
|                      | 4                | сосна, береза             | II-IV   | беломошный, разнотравный, зеленомошный |
|                      | 5                | сосна                     | II-IV   | беломошный, разнотравный, зеленомошный |
|                      | 6                | сосна                     | II-V    | беломошный, разнотравный, зеленомошный |
| Галечно-суглинистый  | 4                | сосна                     | I-III   | разнотравный, зеленомошный             |
|                      | 5                | сосна                     | I-III   | разнотравный, зеленомошный             |
|                      | 6                | сосна                     | I-III   | разнотравный, зеленомошный             |
|                      | 7                | сосна                     | I-III   | разнотравный, зеленомошный             |
|                      | 8                | сосна                     | II-IV   | разнотравный, зеленомошный             |
| Суглинисто-галечный  | 3-12             | сосна, береза             | I-III   | разнотравный, зеленомошный             |
| Межваловые понижения | 0,5-3            | береза                    | II-V    | разнотравный, зеленомошный             |
| Берега               | пруды            | береза, ивы, ольха, сосна | II-V    | разнотравный                           |
|                      | реки             | ивы                       | III-IV  | разнотравный                           |

ной подстилки ( $A_0$ ) и гумусово-аккумулятивный горизонт ( $A_1$ ). Лесная подстилка на отвалах в этом возрасте еще очень маломощная (0,5-1 см) и покрывает почву не сплошь. Гумусовый горизонт также маломощный и слабо развитый, постепенно переходит в почвообразующую породу. Гумус почв, формирующихся на отвалах - грубый. Реакция среды кислая по всему профилю. Для почв, формирующихся на отвалах, характерно высокое содержание обменных оснований.

Почвообразовательные процессы на отвалах, состоящих из мелкоземных грунтов, идут более активно.

Накопление органики и формирование почвенного профиля улучшат лесорастительные условия данных территорий, последующие поколения деревьев могут развиваться по более высоким классам бонитета.

Формирование насаждений, изменение грунтовых условий приводят к изменению термических условий техногенных грунтов.

Породный состав и полнота насаждений, формирующихся на отвалах, определяют количество попадания солнечной энергии на техно-

генные грунты. Характер формирующегося напочвенного покрова, в свою очередь, определяет степень прогреваемости продуктивного слоя грунтов.

Различия в характере формирующегося растительного покрова, в механическом составе субстрата и созданный рельеф территории определяют неравномерность прогреваемости отвалов. Лучшей теплопроводностью характеризуются гребнистые отвалы крупнобульжных и каменистых грунтов, а наличие полога предотвращает создание экстремальных термических условий. Наиболее низкие температурные показатели деятельного слоя грунтов имеют отвалы галечного типа, межваловые понижения и прибрежные участки нарушенных территорий.

Выявленные особенности лесовозобновления на техногенных территориях и сукцессионные изменения экологических условий позволяют прогнозировать характер возобновляющихся насаждений и динамику их развития, проектировать ландшафтно-площадную структуру техногенных участков в соответствии с выбранным направлением ведения хозяйства на данных территориях.

Библиографический список

1. **Аткина Л. И., Залесов С. В.** Рекультивация нефтезагрязненных земель как фактор техногенного преобразования ландшафтов Ханты-Мансийского Автономного округа // Материалы научно-производственной конференции «Лесное хозяйство и зеленое строительство в Западной Сибири». - Томск: ТГУ, 2003. - С. 29-32.
2. **Грибанов В. Я., Космаков И. В., Космаков В. И., Шишкин А. С.** Методические проблемы выполнения ОВОС для предприятий по добыче золота // Золото Сибири. Первый Сибирский симпозиум с международным участием. - Красноярск, 1999. - С. 160-161.
3. **Инструкция** по рекультивации земель Государственного лесного фонда, нарушенных разработками месторождений россыпного золота в Красноярском крае. - Красноярск, НИП «ЭПРИС», 2003. - 15 с.
4. **Инструкция** по рекультивации земель, нарушенных при разработке россыпных месторождений производственным объединением «Енисейзолото». - Пермь, 1989. - 22 с.
5. **Ишутин Я. Н., Фокин А. С.** Начальная стадия лесовосстановления гарей // Ботан. иссл. Сибири и Казахстана. - 1999. - № 5. - С. 110-111.
6. **Космаков В. И.** Организация хозяйства в лесах, нарушенных разработками месторождений россыпного в Красноярском крае: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. - Красноярск, 2002. - 23 с.
7. **Космаков И. В., Космаков В. И., Грибанов В. Я., Шишкин А. С.** К вопросу о рекультивации территорий, затронутых разработками месторождений россыпного золота Мониторинг геологической среды на объектах горнодобывающей промышленности. 1 Всероссийское совещание. Тезисы докладов. - Березники, 28 июня - 2 июля 1999. - С. 46-48.
8. **Космакова И. Н.** О проблеме рекультивации оработанных территорий. Материалы VI Международной экологической студенческой конференции «Экология России и сопредельных территорий. Экологический катализ» / Новосибирский гос. университет. - Новосибирск, 2001. - С. 109-110.
9. **Лешков В. Г.** Разработка россыпных месторождений. - М.: Недра, 1977. - 461 с.
10. **Лысенко М. П.** Состав и физико-механические свойства грунтов. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Недра, 1980. - С. 272.
11. **Маслов Б. С., Минаев И. В.** Мелиорация и охрана природы. - М.: Рослесхозиздат, 1985. - 270 с.
12. **Молчанов А. А., Шиманюк А. П.** Восстановительные процессы на концентрированных лесосеках. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1949. - 127 с.
13. **Разработка** инструкции по рекультивации земель, нарушенных горнодобывающими работами на россыпных месторождениях «Енисейзолото». Отчет о НИР. Пермский гос. университет, 1989. - 154 с.
14. **Санников С. Н.** Лесные пожары как фактор преобразования структуры возобновления и эволюции биогеоценозов // Экология. - 1981. - № 6. - С. 23-33.
15. **Санников С. Н.** Экологическая оценка естественного возобновления сосны в Припышминских борах-зеленомошниках: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Свердловск, 1966. - 31 с.
16. **Структура** и динамика таежных лесов / В. А. Соколов, А. С. Аткин, С. К. Фарбер и др. - Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма, 1994. - 168 с.
17. **Трофимов С. С., Накаряков А. В.** О молодых почвах, формирующихся на отвалах оработанных россыпей в подзоне южной тайги Среднего Урала // Почвообразование в техногенных ландшафтах. - Новосибирск: Наука, 1979.
18. **Формирование** древостоев Сибири / Фарбер С. К. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. - 432 с.
19. **Шишкин А. С., Грибанов В. Я., Космаков И. В. и др.** Особенности выполнения ОВОС при разработке проекта добычи россыпного золота. Золото, платина и алмазы Республики Коми и сопредельных регионов. Материалы Всероссийской конференции. - Сыктывкар, 1998. - С. 191-193.