

Vorschungsvorhaben

**Theorie und Methodik einer komplexen Erfassung von Verbreitung,  
Charakter und ökologisch-ökonomischen Nutzungsbedingungen  
westsibirischer Seifenlagerstätten**



**Gemeinsames Forschungsprojekt**

der Technischen Universität Dresden (Deutschland),  
des Instituts für Geologie, Geophysik und Mineralrohstoffe  
der Sibirischen Abteilung der Russischen Akademie der Wissenschaften, Nowosibirsk,  
des wissenschaftlich-geologischen Unternehmens TETIS, Nowokusnezsk und  
des Lehrstuhls für Geographie der Pädagogischen Hochschule, Nowokusnezsk (Russland)

Dresden, 2002

# 1. Allgemeine Angaben

**Präambel:** Eine Leitidee des vorliegenden Projektantrags ist der Brückenschlag. Am beispielhaften Untersuchungsobjekt Seifenlagerstätte sollen Kommunikation, Integration und wissenschaftliche Erkenntnis befördert werden:

- interkulturell zwischen den "östlichen" und "westlichen" geowissenschaftlichen Schulen mit ihren unterschiedlichen inhaltlichen Akzenten und Methoden
- interdisziplinär zwischen Teilbereichen der Geologie, Geographie, Ökologie und Ökonomie
- informativ zwischen multifunktionalen Geobasisdaten und im Westen weitgehend unbekanntem, umfangreichen mineralogischen Datenbasen der ehemaligen Sowjetunion
- operationell in der Betrachtung eines geologischen Körpers in seinem ökologisch-ökonomischen Kontext als Grundlage einer verträglichen und effizienten Nutzung.

## 1.2. Thema

**„Theorie und Methodik einer komplexen Erfassung von Verbreitung, Charakter und ökologisch-ökonomischen Nutzungsbedingungen westsibirischer Seifenlagerstätten“**

## 1.8. Zusammenfassung

Das Forschungsvorhaben fußt auf umfangreichen Materialien der Projektpartner über Assoziationen von Schwermineralen (ASM) und Seifenlagerstätten der westsibirischen Gebirgsräume und ihres Vorlandes. Primärziel des ersten Teils des Vorhabens ist die Erarbeitung theoretischer Grundlagen für den Einsatz aktueller geologischer und geomorphologischer Modelle und Methoden zur Kartierung und Bewertung genannter Lagerstätten. Hierbei sollen Geoinformationstechnologie und digitale Darstellungstechnik genutzt werden. Erforderlich ist eine Orientierung auf verschiedene Detailniveaus, die zu einem praxistauglichen Geoinformationskomplex verknüpft werden sollen. Dabei ist eine kleine Anzahl von Testgebieten mit günstiger Primärdatenlage auszuscheiden, für die ein hohes Lagerstättenpotenzial vermutet werden kann. Ein geplanter zweiter Teil zielt auf die Ergänzung durch Modelle einer ökonomisch und ökologisch optimierten Nutzung der Lagerstätten. Als Resultat des zweistufigen Forschungsvorhabens wird weniger die praktische Optimierung konkreter Lagerstätten erkundung und -nutzung angestrebt, sondern ein übertragbarer Beitrag zur Theorie und Methodik der Lagerstätten-genese, -verbreitung und -typologie z.B. über angewandt-geomorphologische Verfahren und optimierte Verwaltung sowie Darstellung der Geodaten. Ergänzt werden soll der geologisch-geomorphologische Theoriekomplex in Folge um Aspekte der Lagerstättennutzung unter der Prämisse von hoher Umweltverträglichkeit, rationeller Erschließung und Förderung sowie einer effizienten Informationshaltung für die Verwaltung der genannten Aktivitäten.

# 2. Stand der Forschung

## 2.1. Stand der Forschung

### 2.1.1. Einführung

„Obwohl Seifen von Menschen fast seit Entdeckung der Metalle abgebaut werden, ist die Geologie der Seifenlagerstätten das geringst erforschte wissenschaftliche Gebiet der Lagerstättenkunde“ (HERASKOW, POJOMKIN & SPIZIN 1960, S. 63)

### Rohstoffe in Seifenlagerstätten

„Seifen sind die wichtigsten Quellen für die Gewinnung von Edel- und Halbedelsteinen (Diamanten, Smaragd, Saphir, Granat), Edelmetallen (Gold, Platin), abrasiven Stoffen (Diamanten, Korund), seltenen Metallen und seltenen Erden (Tantalit, Kolumbit, Zirkon, Monazit), radioaktiven Elementen (Monazit, Torit, Torianit), Zinn (Kassiterit), Wolfram (Wolframit), Titan (Ilmenit, Rutil, Leikoxen), Eisen (Magnetit, Titanomagnetit), piezo-optischen Rohstoffen (Bergkristall) u.a.“ (NESTERENKO 1977, S. 10-11; Angewandte Geowissenschaften 1986). **In den Achtzigerjahren erreichten die Förderanteile von Schwermineralen aus Seifenlagerstätten zwischen 26% und 100% der Gesamtförderung** (z. B. bei Gold 65-70%, davon 15-20% aus jungen Seifen, bei Uran 26%, bei Zinn ca. 70%, bei Tantal 83%, bei Titankonzentrat 69%, bei Zirkonkonzentrat 100%, bei Monazitkonzentrat 100%) (Angewandte Geowissenschaften 1986, Tab. 1.11). **Diese Angaben dokumentieren die herausragende Rolle der Seifenlagerstätten.** „Die Aussichten für eine Erweiterung der Rohstoffvorräte durch Entdeckung neuer Seifenlagerstätten bleiben sehr groß (...), und die Liste der vom Menschen genutzten Seifenkomponenten vergrößert sich ständig“ (NESTERENKO 1977, S. 12). **Doch die wichtigste Komponente, die aus den Seifen gewonnen wird, ist und bleibt das Gold.** Bis jetzt wird der Hauptanteil von russischem Gold aus Seifen gefördert (SAPRYKIN et al. 1994). „Auf Seifenlagerstätten richtete und richtet sich die Aufmerksamkeit, vor allem dank der einfachen Erschließung und der Kostenvorteile bei der Rohstoffgewinnung“ (NESTERENKO 1977, S. 10), aber auch, weil ihre Förderung im Vergleich mit vielen anderen Typen von Lagerstätten die geringsten Umweltschäden verursacht (POLIKARPOTSCHKIN 1976, Angewandte Geowissenschaften 1986, KALNITSCHENKO et al. 1994; u.a.).

Auf der 10. Internationalen Konferenz zur Geologie der Seifen 1998 wurde ein Rückgang der Goldförderung nicht nur für Russland festgestellt, sondern auch für andere Länder. Die Ursachen liegen in der Erschöpfung der Vorräte und den zunehmend problematischen geologischen Abbaubedingungen (POSTOLENKO 1998). **Die Goldvorräte reichen bei gegenwärtigem Abbautempo und Förderbedingungen noch 17 Jahre** (BECKER-PLATEN & DALHEIMER 1999). Das sind verglichen mit anderen Metallen die geringsten Vorräte (z.B. reichen die Vorräte bei Zinn für weitere 37 Jahre, bei Platin für 198 Jahre, bei Silber für 19 Jahre, bei Wolfram für 70 Jahre, usw.) (BECKER-PLATEN & DALHEIMER 1999). Außerdem zeigte eine Neubewertung der Seifengoldvorräte Russlands, dass unter den derzeitigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen etwa 50% der Lagerstätten unrentabel und zudem vielerorts innerhalb der nächsten 5 bis 10 Jahre erschöpft sind (BENEWOLSKIJ 1994). **Folglich ist die Suche und Erschließung neuer Lagerstättentypen überaus aktuell** (BENEWOLSKIJ 1994), ebenso wie die Einführung neuer Abbautechnologien, insbesondere für feinkörniges Gold (POSTOLENKO 1998).

### Seifenlagerstätten als geowissenschaftlicher Forschungsgegenstand

Praktische Bedeutung und Notwendigkeit der theoretischen Erforschung der Seifen und der Mineralassoziationen von Lockersedimenten sind offensichtlich. Aber **den theoretischen Aspekten der Erforschung und Nutzung der Seifen wird im Vergleich mit anderen Lagerstättentypen leider ungenügend Beachtung geschenkt**, wie sich deutlich an Lehrbuchinhalten, Anzahl an Fachpublikationen und Forschungsprojekten zeigt. Markant trifft diese Tendenz auf die westliche geologisch-geographische Literatur zu, und leider auch speziell auf die geomorphologische. „Auch in bedeutenden Monographien wie z.B. „Fazieslehre“ von G.F. KRASCHENINNIKOW, „Genetische Typisierung der Meeresedimente“ oder „Lithologie“ von W.T. FROLOW in zwei Bänden wird den Seifen fast keine Beachtung geschenkt“ (JELISEEW 1997, S. 52). Lediglich in Ausgaben der 50er und 60er Jahre finden sich kurze Ausführungen; R. KETTNER (1959) beispielsweise widmet der Charakteristik der Seifenlagerstätten (sekundäre Lagerstätten) weniger als 2 Seiten, den Erzlagerstätten (primäre Lagerstätten) jedoch 36 Seiten. Ohne klare Begründung wird oft die Bedeutung junger Seifen für die Goldförderung nur als „teilweise wichtig“ und ihr Vorratspotenzial als „begrenzt“ eingeschätzt, ebenso wird angemerkt, dass Goldseifen kaum Koppel- oder Beiprodukte liefern (Angewandte Geowissenschaften 1981, Tab. 9.31).

In deutschen und englischen Lehrbüchern der Geomorphologie wird die Nutzung geomorphologischer Daten und Modelle bei der Seifensuche nur teilweise (z.B., AHNERT 1996) und meist cursorisch erwähnt. Sogar in Monographien zur angewandten Geomorphologie (SEMMELE 1986) wird zwar die Anwendung von Reliefparametern im Hinblick auf Grundwässer und Böden, hierbei speziell ihr Erosionsverhalten, nicht aber zur Suche nach Bodenschätzen (außer Baurohstoffen) vermittelt. Auch in von der

Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) bewilligten geowissenschaftlichen Projekten wird den Seifen offensichtlich ungenügend Beachtung zuteil. Von internationalen Projekten der letzten 20 Jahre im Bereich der geologischen Erforschung von Bodenschätze sind fast die Hälfte dem Erzgold gewidmet und nur drei den Seifen (Mitteilungen der DFG, 1978 - 2000), z.B. von H. Barth (1997). Dabei erfährt das Problem der Seifenkartierung keine Erwähnung. **Auch in der „Zeitschrift für Geomorphologie“ finden sich über 50 Jahre hinweg Artikel zu Seifen und anderen Lagerstätten (unter geomorphologischem Blickwinkel) nur vereinzelt, obwohl das Relief entscheidenden Einfluss auf die Seifenbildung hat.**

**Eine verstärkte Hinwendung der Quartärgeologie und Geomorphologie zum Thema Rohstoffsuche könnte zweifelsohne zu ihrer Statusverbesserung beitragen.** Eine Analyse, Zusammenfassung und Evaluierung der Ansätze aus langjährigen russischen Grundlagenforschungen zu Seifen wäre ein wichtiger Schritt. Selbst in Lehrbüchern zur Geomorphologie und geomorphologischen Kartierung werden hier den Seifen eigene Kapitel gewidmet, in Lehrbüchern der Allgemeinen Geologie gilt das um so mehr. Außerdem wurden in Russland zahlreiche grundlegende Monographien zu geologisch-geomorphologischen Problemen der Seifenlagerstätten veröffentlicht (siehe Literaturliste).

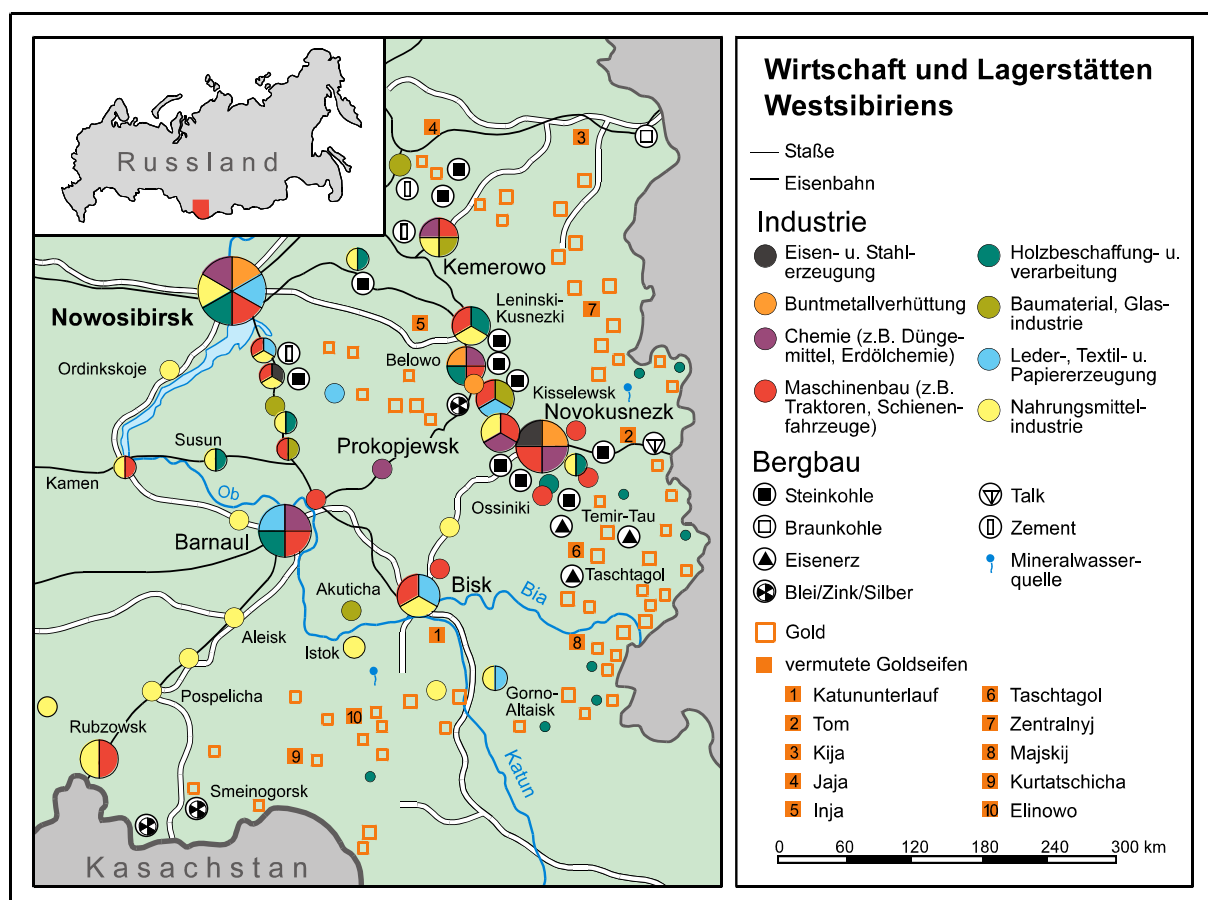


Abbildung 1: Lage der Untersuchungsgebiete im wirtschaftsgeologischen Kontext.

## 2.1.2. Forschungsgebiet

### Seifenreichtum

**Das Gebiet Russlands ist außergewöhnlich reich an Seifenlagerstätten, speziell an Goldseifen.** "Die geologische Form, unter der die Goldvorkommen der Sowjetunion auftreten, ist naturgemäß überaus mannigfaltig (...). Die außerordentlich weitverbreiteten Seifen finden sich in allen Formen (...). Seit vielen Jahren wird jedoch nicht nur die Höhe der jährlichen Goldgewinnung als strenges Staatsgeheimnis gehütet, sondern auch der Anteil der einzelnen Gebiete, die Förderung aus einzelnen Vor-

kommen, ja sogar ihre geologische Position und ihre Goldgehalte werden geheimgehalten“ (FRIDENSBURG 1965, S. 376-377). In letzten 10 Jahren hat sich die Situation geändert. Russland ist ein offeneres Land geworden, das nach Integration in die Weltwirtschaft strebt. **Deshalb ist ein Zugriff auf bisher mehr oder weniger unbekannt Geoinformation jetzt leichter möglich und auch unbestritten aktuell.** Diese Quellen zu erschließen, ist für die geplanten Untersuchungsgebiete notwendig und möglich, aber nicht das vordringliche Ziel dieses theoretisch angelegten Projektes.

**Als Forschungsgebiet wurden Regionen in Südwestsibirien gewählt (Altai, Kusbass),** die sowohl geologisch-geomorphologisch, als auch wirtschaftlich interessant sind (Abb. 1). Zudem bilden sie seit Jahren das Hauptuntersuchungsgebiet von Projektpartnern, mit geologisch-geographischem Schwerpunkt für die russische Seite, mit GIS- und Kartographieorientierung auf deutscher Seite (siehe Publikationsliste).

Nach Angaben von W.W. SYROWATSKIJ (1987) wurden 68 Goldseifen im Altai partiell abgebaut, im Kusbass und den anliegenden Gebieten mehr als 500. Fast alle Flusstäler wurden hier schon im 19. Jahrhundert das erste Mal untersucht. **Goldseifen enthalten in den genannten Räumen meist zahlreiche nutzbare Begleitminerale** (Platin, Scheelit, Kassiterit, Wolframit, Monazit, Kolumbit, Zinnober, Zirkon, Ilmenit, Rutil, Bismutit, Halenit, Sphalerit, Xenotim u.a.). Besonders interessant dürfte dabei Platin als Begleitkomponente sein; der Gehalt erreicht 0,2-0,5 g/m<sup>3</sup>. Außerdem wurden auch Seifen zur Wolframit-, Monazit-, Kolumbit-, Zinnober-, Zirkon-, Ilmenit-, Rutil- und Kassiteritgewinnung erschlossen. Typologisch sind in der Forschungsregion folgende Seifentypen vorhanden: fluviatile Flussbett-, Nehrungs-, Tal- und Terrassenseifen sowie deluviale, eluviale, glazigene Seifen und begrabene Seifen der tektonischen, Tal- und Karstsenken.

#### Forschungs- und Informationsdefizite

**Viele Seifentypen wurden jedoch offensichtlich nicht ausreichend betrachtet** oder falsch eingeschätzt. Im Gebirgs-Altai wurde die Existenz begrabener Seifen in Gebieten der pleistozänen Vergletscherung und tektonischer Senken einerseits erkannt (KASAKEWITSCH & BOSCHINSKIJ 1960), eine konkrete Seifensuche aber nur für die Mittelgebirgszüge des Nördlichen Altai vorgeschlagen (LUSGIN 1972). **In langjährigen geologisch-geomorphologischen Feldarbeiten wurde eine riesige Menge an Primärdaten erhoben.** Ebenso fanden detaillierte Beprobungen großer Territorien statt. **Die Ergebnisse blieben allerdings zumindest mit modernen Methoden unbearbeitet** und für die wissenschaftliche und wirtschaftliche Weiternutzung unzugänglich, was alle Formen wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Bearbeitung im nationalen und internationalen Rahmen behindert hat.

Aktuelle, umfassende geowissenschaftliche Monographien zum Naturraum und zur Wirtschaft Sibiriens in deutscher Sprache existieren kaum. Im länderkundlichen Werk „Sibirien“ beschreibt N. WEIN (1999) die Altairegion (Altai Kraj) als "landwirtschaftlich geprägt, arm an Bodenschätzen, aber mit gut entwickelter verarbeitender Industrie und Maschinenbau". Die südlich angrenzende Gebirgsregion der Republik Altai „gehört zu den am wenigsten entwickelten Regionen Sibiriens und stellt heute einen Problemraum dar“ (WEIN 1999, S. 222). Der Kusbass ist nach MALKOW (1994) "das größte Kohlebecken der Welt (...)"; die anliegenden Territorien sind an verschiedenen Bodenschätzen reich. „Das Gebiet Kemerowo ist ein Wirtschaftsraum mit großen Potenzialen, der in allen Bereichen über eine konsequent durchgeführte Modernisierung und einen entsprechenden Strukturwandel - in Verbindung mit einer Verbesserung der ökologischen und sozialen Situation- zu einer deutlichen Leistungssteigerung in der Lage wäre“ (WEIN 1999, S. 188).

**Eine systematische und aktuelle Informationsquelle zu Bodenschätzen und ihrem wirtschaftlichen Potenzial ist mit derartigen generalisierenden Ausführungen nicht gegeben.** Dieser Aufgabe wird auch die Monographie von B.N. LUSGIN (1998) „Wirtschaftsgeologie des Russischen Altai“ nicht gerecht. Sie enthält kurze Beschreibungen einiger Erz- und Seifenlagerstätten des Russischen Altai, Russlands und der Welt, aber im Wesentlichen erschöpft sie das Thema leider nicht.

Das geplante Projekt zielt jedoch nicht auf eine vollständige Analyse vorliegender Ergebnisse. **Das Augenmerk sollte vielmehr auf theoretische Fragen der Geologie, Geomorphologie und Nutzung der Seifen einschließlich ihrer ökologischen Implikationen gerichtet sein,** hierbei wiederum unter Konzentration auf Aspekte der Kartierung und Analyse der Seifen **und Assoziationen von**

**Schwermineralen (ASM)**, der digitalen Integration und Verarbeitung wesentlicher raumbezogener Information und der Einbettung von Modellen zur ökologisch-ökonomischen Rationalisierung ihrer Nutzung. Hierzu muss und soll eine räumliche Konzentration auf wenige Testgebiete (vgl. Kap. 3.1.3.) erfolgen, für die bei vertretbarem Aufwand und unter maßgeblicher Beteiligung der russischen Projektpartner eine umfassende Informationsrecherche, -synthese und -analyse realistisch ist. **Natürlich ist hierbei die Übertragbarkeit auf andere Lagerstätten, ein Modellcharakter, anzustreben.**

### 2.1.3. Kurzübersicht über Theorien der Seifenbildung

#### Definitionen

Schon die Definitionen des Begriffes „Seife“ erweisen sich als inhaltlich heterogen und teilweise widersprüchlich. Das „Geologische Wörterbuch“ (Geologitscheskij slowar 1978, S. 191) definiert die Seife als „Anhäufung kleiner Gesteins- oder Mineralbruchstücke an der Erdoberfläche, die sich durch Desintegration primärer Lagerstätten oder Gesteine gebildet hat und den Bodenschatz, manchmal nur in einer geringfügigen Menge, enthält“. Nach dieser Definition wären „alle Sand- oder Geröllvorkommen eine Seife“ (JELISEEW 1997, S. 53). Einen anderen Standpunkt vertritt S.S. LAPIN (1965): „Eine Goldseife ist (nur) die Anhäufung von Goldteilchen, die im Sediment eingebettet liegen, und nicht das Sediment zusammen mit den Goldpartikeln. Die Seife ist immer älter als sie enthaltendes Sediment“. Nach W.I. JELISEEW (1997, S. 53) „ist die Seife ein lockereres klastisches Gebirge, das im Vergleich mit dem umliegenden Gebirge in bestimmtem Maß mit einem nutzbaren Mineral angereichert ist“. Dabei wird unterstrichen, dass „die klastischen Schichten und das nutzbare Mineral eine gewisse geologische Einheit darstellen“ und das Seifengebirge locker sein muss. Die deutschen Definitionen stellen die Notwendigkeit der Ausbildung einer nutzbaren Mineralkonzentration im Laufe der Verwitterung oder Sedimentation heraus: „Seife ist eine örtliche Anhäufung von spezifisch schweren oder besonders widerstandsfähigen Mineralmassen im Verwitterungs- oder Sedimentationsprozess“ (Geologisches Wörterbuch 1998, S. 198), oder „eine Ablagerung von sandigem Feinmaterial und/oder Geröll mit abbauwürdiger Konzentration von Schwermineralen oder Edelsteinen. Seifen sind sekundäre Lagerstätten, die durch Verwitterung, morphodynamische Aufarbeitung und Umlagerung durch geomorphologische Prozesse ursprünglicher (primärer) Lagerstätten entstanden“ (Wörterbuch Allgemeine Geographie 1997, S. 769) sowie „Schwermineralseife ist mechanische Anreicherung von Schwermineralen in klastischen Sedimenten“ (Lexikon der Geowissenschaften 2001, Bd. 4, S. 458).

Die Klassifikation der Seifen erfolgt nach verschiedensten Kriterien, z.B. nach

- der Genese, wobei Transportmedium, Anreicherungsverfahren und Ablagerungsmilieu berücksichtigt sind (eluviale, kolluviale, glazigene, fluviale, marine, äolische Seifen)
- dem Gehalt an nutzbaren Mineralen (arm - reich)
- der räumlichen Verteilung der Minerale (regelmäßig - unterbrochen, nestartig)
- dem Morphotyp der Mineralansammlung (fleckig-, streifen-, band-, linsenförmig usw.)
- der geomorphologisch typisierten Lage (Tal-, Terrassen-, Flussbett-, Nehrungs-, Auenseifen usw.)
- der Auflagerung der Seifengebirge (oberflächlich - begraben)
- und weiteren Kriterien (BILIBIN 1955, NESTERENKO 1977, SCHELNIN 1980, SCHILO 1981, Angewandte Geowissenschaften 1986, Geologisches Wörterbuch 1998; u.a.).

#### Seifenbildung

**Seifenbildung setzt naturgemäß das Vorhandensein primär mineralhaltiger Gesteine im Einzugsgebiet des Transportmediums voraus:** sogenannte seifenbildende Erzformationen (SCHERBAKOW 1967, NESTERENKO 1977, SCHILO 1981, u.a.). Dabei ist bedeutsam, dass die Erzformationen die nutzbaren Minerale in ausreichender Menge, möglichst grobkristalliner Körnung und hoher mechanischer und chemischer Widerstandsfähigkeit enthalten. **Seifenbildung besteht aus einer Abfolge von Teilprozessen**, die in Summe zur Mineralkonzentration führt: Verwitterung und Zerfall von Erzformationen, gravitativer, fluvialer und äolischer Abtrag, Transport im Fließgewässer oder mit Gletschereis, terrestrische Akkumulation oder küstennahe Akkumulation im Meer (KETTNER 1959; SCHANZER 1966). Die Vielfalt realer Seifenbildungen wird durch diese Prozessreihe innerhalb variabler tektonischer und paläogeographischer Rahmenbedingungen bestimmt (BILIBIN 1955, NESTERENKO

1977, SCHELNIN 1980, SCHILO 1981, Angewandte Geowissenschaften 1986; u.a.). „Seifenbildung bei oberflächennaher Verwitterung und Denudation der primären mineralhaltigen Gesteine kann durch die Formel **lokale Konzentration auf dem Dispersionsweg** charakterisiert werden“ (SCHILO & PATYK-KARA 1989). Im Detail „darf man jedoch den Transport- und Differenzierungsmechanismus der Schwermineralen nicht für vollständig geklärt ansehen“ (GRIGORJEW & CHMELEWA 1978, S. 28).

**Der Konzentrationsprozess wird je nach Quelle unterschiedlichen Schwerpunkten charakterisiert:** als Ergebnis einer aktiveren Abtragung leichter Teilchen aus den Sedimenten auf dem Transportweg (SCHELNIN 1980, CHRIPKOW 1959, SCHILO 1981, SCHUMILOV 1981; u.a.), über Abrieb des klastischen Materials und Ausfallen der Schwerminerale bei mechanischer Vibration im Sediment (BONDARENKO 1975), über Ausfallen der Schwerminerale in Bereichen starker Verringerung der Fließgeschwindigkeit (Angewandte Geowissenschaften 1986) oder durch Aufschleppung und vollständige Auflösung ganzer Sedimentpakete z.B. bei Hochwasser (BILIBIN 1955, SAKS 1974, SOKOLOV 1982, OSADTSCHIJ 1984, FILIPPOV 1987, BUTWILOWSKI 1988). Es ist zu betonen, dass gerade der letztgenannte Prozess zum Ausfallen der Schwermineralbestandteile auf dem Anstehenden führt und die technischen Anreicherungsverfahren bei der Seifenförderung auf dieses Prinzip aufbauen.

Beim Blick auf die geologische Struktur der Seifen **stellt man fest, dass sich vorhandene Unterlagen oft nicht auf den geologischen Seifenkörper beziehen, sondern auf Teilbereiche, die in wirtschaftlicher Hinsicht zum Aufnahmezeitpunkt rentabel sind.** In Plänen und Profilen findet sich selten die vollständige geologische Struktur. Die Unterschiede können bedeutsam sein. **Viele Theorien zu Struktur und Bildung der Seifen erfordern gewisse Berichtigungen und Ergänzungen,** weil sie auf Teilbefunden beruhen. Außerdem sind viele Grundlagen unsicher, besonders wenn der Aufschluss über punktuelle Probebohrungen und Analysen erfolgte. Man sollte daher substantiell Arbeit in die Neubewertung vorhandener, teils widersprüchlicher Theorien der Seifenbildung und die aus ihnen gewonnenen Lage- und Verteilungsmuster im Gelände lenken. Die Aktualität einer solchen Arbeit ergibt sich aus dem praktischen Bedarf an zuverlässigen Prognosen sowie effektiver Prospektion und Bewertung im Zuge der Rohstoffverknappung.

## 2.1.4. Prospektions- und Erschließungsmethoden

### Allgemeine Methoden

„Über die Methoden des Aufsuchens und Erkundens von Schwermineralseifen, zur Grundausrüstung eines Prospektors sowie über Bau und Wirkungsweise von Waschgeräten und -anlagen gibt es zahlreiche Veröffentlichungen (GRIFFITH 1960, ZESCHKE 1964, MAC DONALD 1973, CHAUSSIER & MORER 1981; u.a.). Das älteste Gerät zur Seifenprospektion ist die Waschpfanne (...). Neben Pfanne, Sichertrog und Setznetz werden für den Durchsatz größerer Materialmengen die Riffelbar („Long Tom“) und größere, nach dem Prinzip des Setznetzes arbeitende Geräte benutzt“ (Angewandte Geowissenschaften 1986, S. 83). „Eine Vorstudie mit Übersichtsbegehung dient der Klärung von Seifentyp und Gehalt, Herkunft und wahrscheinlicher Ausdehnung der Seifenkörper mit Handbohrungen, Schürfen und der Untersuchung erster Proben. Ferner werden die hydrogeologischen Verhältnisse und die klimatischen Bedingungen, die Infrastruktur und dabei speziell die Transportwege erkundet (...). In der Prospektionsphase werden hoffige Bereiche durch weitmaschige und systematisch angelegte Schürfe und/oder Bohrungen gegen nicht bauwürdige Bereiche abgegrenzt (...). Die Prospektionsergebnisse sind in Karten und Profilen darzustellen und in einem Abschlussbericht mit Angaben der Vorrats- und Gehaltsdaten zu erläutern“ (Angewandte Geowissenschaften 1986, S. 84).

### Mineralogische Beprobung und Analyse

Der „Schlichtanalyse“ (mineralogische Beprobung und Analyse lockerer Sedimente) als einer der wichtigsten Prospektionsmethoden wird in der westlichen geologischen Literatur gegenüber anderen Methoden (Schürfung, Bohrung, geochemische und geophysikalische Analyse) wenig oder keine Beachtung geschenkt, z.B. in den „Angewandten Geowissenschaften“ (1986). Als Untersuchungsbestandteile bei der Prospektion und Exploration von Metallerzlagern werden zudem geomorpholo-

gische und klimatologische Parameter benannt, aber für die meisten Metalle als „nicht bedeutsam“ gekennzeichnet (Angewandte Geowissenschaften 1981, Tab. 9.15).

**In Russland aber gilt „die Schlichtanalyse als wichtigste und unverzichtbare mineralogische Methode innerhalb der Suche nach Seifen- und Erzlagerstätten, deshalb ist diese in die Lockersedimentbeprobung einzubeziehen“ (MICHANKOW 1973, S. 167). MICHANKOW betont, dass „zur Erforschung der Quartärseifen der gesamte Komplex der Untersuchungen zur Erforschung und Charakterisierung von Quartärsedimenten einzusetzen ist“.** Sehr große Bedeutung kommt der geomorphologischen Analyse zu, weil die Seifenbildung eng mit der Reliefentwicklung und den zu ihr korrelierten Sedimenten verbunden ist. **Seifen sind im Wesentlichen ein „geomorphologischer Typ der Lagerstätten“ (MICHANKOW 1973, S. 163).** Zutreffend scheint nach wie vor die Aussage, dass „trotz großer Potenziale der Luft- und Satellitenbildanalyse Feldmethoden bei der Aufsuche von Seifen und anderen Bodenschätzen unverzichtbar sind und auch bleiben werden“ (MICHANKOW 1973, S. 166).

#### Geomorphologische Methoden

Zur Aufdeckung der geomorphologischen Faktoren der fluviatilen Seifenbildung werden in der Literatur folgende wesentliche Aufgaben genannt: Ermittlung der Korrelation zwischen Lage der Seifen und:

- Ordnung der Flusstäler,
- Neigung von Talsohlen,
- vertikaler Gliederung der Täler,
- Breite der Täler,
- gegenwärtigen Landschaftstypen (KASAKEWITSCH & SCHER 1963, SYROWATSKIJ 1977; u.a.).

Häufig kristallisieren sich über solche Vergleiche "geomorphologisch begünstigte" Lage von Seifen heraus. Will man methodisch korrekt sein, ist zu bedenken, **dass eindimensionale Parameter genetisch relevante Faktoren wie geologische Struktur, tektonische Prozesse, Unterschiede der primären Lagerstätten, Besonderheiten der Reliefentwicklung usw. nicht explizit widerspiegeln können.** Letztere finden in den geomorphologischen Parametern keine direkte Entsprechung oder modifizieren diese stark. Ein weiteres Problem bei der Verwendung oben genannter geomorphologischer Parameter ist, dass diese der statischen Natur sind, einen zeitgebundenen Zustand wiedergeben und nicht den unmittelbar seifenbildenden Vorgang charakterisieren. Gleichwohl ist die Neigung der Festgesteinsbasis ein bedeutsamer Parameter (BUTWILOWSKI 2001).

#### 2.1.5. Allgemeine und digitale Kartierung der Seifen

Das Hauptziel der Angewandten Geologie ist die Entdeckung und Einschätzung der Bodenschätze und Rohstoffe für ihre effektive Inwertsetzung durch den wirtschaftenden Menschen. Dies setzt Kenntnisse von Prozessen im Zusammenhang mit - immer nur unvollständig bekannten - räumlichen Verteilungsmustern geologischer Einheiten und Phänomene im weitesten Sinne voraus. Die traditionell wichtigsten Dokumentations- und Informationsmedien sind geologische Karten, allgemein stratigraphisch und in verschiedenen Spezialausführungen. Die Karte ist das wichtigste Arbeitsmittel von Geologen und Geomorphologen: „Alles, was in der Geologie passiert, dient entweder der Herstellung der geologischen Karte oder erfolgt auf Grundlage der geologischen Karte“ (SALIN 1989, S. 147).

**Dem unbestritten hohen Stellenwert einer zweckmäßigen (karto-)graphischen Darstellung als Mittel des Erkenntnisgewinns und der Dokumentation steht bei Seifenlagerstätten ein Mangel an etablierten und vereinheitlichten Standards gegenüber.** Ziel soll ein generischer Ansatz sein, der thematische Standards, ihre Strukturierung und ihre graphische Umsetzung vorgeben kann. In der thematischen Kartographie wurden derartige Darstellungen kaum behandelt. So sind im Kompendium der deutschen angewandten geologischen Karten (VOSSMERBÄUMER 1991) allgemeine Karten der Bodenschätze dargestellt, **aber spezielle Ausgaben für Seifen und Assoziationen von Schwermineralen (ASM) in Lockersedimenten werden nicht erwähnt.** „In der Karte der oberflächennahen Rohstoffe 1:200 000 sind diejenigen mineralischen Rohstoffe dargestellt, die üblicherweise (...) im Tagebau (...) gewonnen werden, also Industriemineralien, Steine und Erde, Torfe, Braunkohle, Ölschiefer und Solen“ (LORENZ 1996, S. 67). Seifen und ASM fehlen in Darstellung und Legende. Die Reprä-



sensation der Bodenschätze auf den vorliegenden Karten ist quantitativ formal und enthält geologische und wirtschaftliche Parameter, unterstützt aber genetische Interpretationen und Aussagen und damit eine theoretische Modellbildung wenig. Zu ihrer Erstellung wurde mit numerischen Verfahren wie Korrelations-, Faktoren- und Clusteranalyse gearbeitet, trotzdem geben die Beispielkarten in der Regel nicht den bedeutsamen Mineralkomplex, sondern nur einzelne Elemente wieder (Angewandte Geowissenschaften 1981). Die mineralogische (lithologische) Lockersedimentanalyse findet allerdings als Teil der geologischen Aufnahme Erwähnung, um hierüber die Sedimente zu typisieren oder ihr Abtragsgebiet zu ermitteln (Angewandte Geowissenschaften 1981).

Auf russischen Karten werden Seifenlagerstätten in der Regel zusammen mit anderen Lagerstätten visualisiert (z.B. Instrukzija 1995). Ergänzung erfahren diese aber durch spezielle mineralogische Karten verschiedener Lockersedimente und Spezialkarten der Seifenlagerstätten. Als Regelfall wird nach den Empfehlungen folgender geologisch-geomorphologischer Komplex analysiert und graphisch umgesetzt (LAPIN 1965, PLOTNIKOWA & SALTJKOW 1968, KASAKEWITSCH & SCHER 1963, MICHANKOW 1973, Metoditscheskie ukasanija 1982, POSTOLENKO & LEBEDEW 1994; u.a.):

- geologisch-metallogenetische Daten
- geomorphologische Daten
- paläogeographischen Daten
- räumliche Parameter von Seifen und Gehalt ihrer nutzbaren Komponenten
- geologisch-geomorphologische Suchkriterien
- Gesetzmäßigkeiten der Ordnungslage der Seifen
- Erschließungsempfehlungen.

**Die Inhalte sollen dabei zu zwei Kartengruppen - mineralogisch-genetisch und prognostisch – zusammengefasst werden:**

Im mineralogisch-genetischen Teil dominieren Georelief und Seifen die Darstellung über Farbkodierung. Die Seifen werden in prägnanten Farben dargestellt, unabhängig von welchen geomorphologischen Strukturen sie durchzogen sind. Sediment und Festgestein kennzeichnet man durch Strichraster und Typsignaturen. Das anstehende Gebirge wird in Abschnitten ausgewiesen, wo nur dünne eluviale oder kolluviale Auflagen vorhanden sind (LAPIN 1965).

Dem prognostischen Teil sind 4 Karten zu widmen:

- geomorphologische Karte, die genetisch homogene Reliefelemente wiedergibt,
- Karte zu den Resultaten der historisch-genetischen Analyse,
- Karte der känozoischen Sedimente und
- Prognosekarte der Seifenverbreitung (POSTOLENKO 1968).

Ein solcher traditioneller Ansatz erscheint heute uneffektiv. Vielmehr gilt es, Erkenntnisse über die Seifengeneese, Verfahren der Geoinformatik und digitale Visualisierung nutzend, die entscheidenden Parameter aus den Datenbeständen herauszufiltern und eine inhaltlich, jedoch nicht im Aussagewert reduzierte geologisch-geomorphologische Karte der Seifenvorkommen und ASM zu generieren. Hierzu müssen Musterkarten (ZNIGRI 1982, "Metoditscheskie ukasanija" 1973, SYROWATSKIJ 1986, Kartenserie der Gold- und Platinvorkommen der Russischen Föderation 1994) hinsichtlich Struktur (Legende) und Inhalt analysiert werden. **Die Beispiele zeigen Metallogeneese und Geologie der Muttergesteine, Tektonik und Reliefbau, Genese und Erschließungszustand der Seifen. Defizite sind allgemein in ihrer Strukturierung zu sehen.** Die Aufbereitung verbleibt registrativ, Bildung und Entwicklung der Seifen, die Gesetzmäßigkeiten ihrer Lage und Prognosegrundlagen bleiben unklar. Die Inhalte sind auf ein Metallelement (z.B. Gold) konzentriert, wobei auch hier theoretisch und praktisch die Assoziationen von Schwermineralen bedeutsam wären.

**Es wird daher als notwendig erachtet, das umfangreiche Datenmaterial (digital) so aufzubereiten und grafisch umzusetzen, dass die Theoriebildung optimal unterstützt wird und die Resultate universell und theorie-konform wiedergegeben werden.** Eine Vorzugsstellung käme dabei den Assoziationseigenschaften und der inhärenten genetischen Gesetzmäßigkeiten wie räumlich-zeitliche Entwicklungsetappen, Lage zu Morphoniveaus, etc. zu.

## 2.1.6. Wirtschaftlichkeits- und Umweltaspekte

### Lagerstättennutzung und Umwelt

Eine erweiterte Konzeption der Wirtschaftsgeologie schließt Rohstofferschließung, Rohstoffwirtschaft und Rohstoffpolitik einschließlich Grundwasser und Böden ein (Angewandte Geowissenschaften 1981). Allerdings liefern die meisten Fachbücher im wesentlichen nur Beschreibungen verschiedener Typen von Lagerstätten und ihrer Abbaubedingungen. Teilweise finden sich Hinweise auf die Bedeutung einer ökologisch verträglichen Nutzung der Lagerstätten. **Eine ausgereifte Theorie der ökologisch-ökonomisch rationellen Nutzung der Seifenlagerstätten wird nicht entworfen**, obwohl Beiträge hierzu als praxisrelevant gelten können.

**Wirtschaftliche Tätigkeit, insbesondere der Bergbau, ist mit großen Umweltschäden verbunden.** Deren Behebung oder Minderung kann in einer volkswirtschaftlichen Bilanz den Gewinn aus Rohstoffgewinnung und Folgeproduktion aufzehren oder überschreiten. Deswegen erlangen Konzeptionen zu ökologisch rationellen Produktionsverfahren immer mehr Beachtung. „Die Beseitigung ökologischer Probleme oder ihre Entschärfung ist auch rein ökonomisch vorteilhaft. Gewinn können daraus sowohl die Betriebe, als auch die Gesellschaft im Allgemeinen ziehen (GOLIZYN 1987, S. 69). Umgekehrt „mindert fehlender Umweltschutz [man kann ergänzen: fehlende komplexrationelle Ressourcennutzung] langfristig das wirtschaftliche Wachstum“ (BINDER 1999, S.13). **Die Umsetzung einer erfolgreichen Wachstums- und Umweltpolitik verlangt rohstoffsparende Technologien und Finanzierung von Umweltmonitoring und Risikobewertung sowie Maßnahmen für den konkreten Umweltschutz.** Rohstoffeffiziente Technologie erfordert einen wirtschaftlichen Neuordnungsprozess über Einführung rohstoffschonender, wenig abfallproduzierender, schadstoffarmer Technik und Organisation des Produktionsprozesses in geschlossenen, abfalllosen Zyklen. Im Hinblick auf den Bergbau "müssen zu den Positiven eines Produktionszyklus außer Rohstoffen und Erzeugnissen auch rekultivierte, produktive Neuböden zählen" (SAJZEW 1994, S. 82).

Eine erfolgreiche Umweltpolitik kann sich nicht mehr auf wirtschaftlich hochentwickelte Länder beschränken, obwohl „bisher implizit unterstellt wurde, dass im Ausland die Schadstoffaufnahme-fähigkeit der Umwelt noch keinen knappen Faktor darstellt, so dass dort auf umweltpolitische Maßnahmen verzichtet werden konnte. Geht man aber davon aus, dass auch im Ausland eine Konkurrenz zwischen den einzelnen Nutzungsmöglichkeiten der Umwelt existiert, wird man auch dort die Notwendigkeit sehen, durch geeignete umweltpolitische Maßnahmen, wie zum Beispiel die Festlegung eines Emissionsstandards, die Produzenten umweltschädlicher Güter zu veranlassen, die Knappheit des Faktors Umwelt in ihr betriebswirtschaftliches Entscheidungskalkül zu integrieren“ (BINDER 1999, S. 35).

### Planung und Verursacherprinzip

In diese Richtung ändert sich auch die Umweltpolitik in Russland. „Entsprechend der in Russland gültigen Rohstoff- und Naturschutzgesetzgebung sollen **geoökologische Untersuchungen zu einem Pflichtelement der geologischen Erforschung der Lagerstätten werden, womit eine wissenschaftliche Absicherung einer ökologisch gefahrlosen Nutzung der Rohstoffe abgesichert werden soll**“ (KALNITSCHENKO u.a. 1994, S. 90). „Ein wirksames Mittel zur Verhinderung oder wesentlichen Minderung regionaler ökologischer Probleme kann die Ausarbeitung bindender Richtlinien einer umfassenden Territorialplanung für Zeitspannen von 20-25 Jahren unter Beteiligung von Geographen sein“ (KOTLJAKOW 1987, S. 48). Denn zurecht wurde festgestellt, dass bis dato „viele dafür spricht, dass der Kostenaspekt von Umweltschutzmaßnahmen bei Investitionsentscheidungen keine zentrale Rolle spielt, sondern allenfalls den berühmten Tropfen darstellt, der das Fass zum Überlaufen bringt. Wesentlich stärker ins Gewicht fallen die Lohn-, Transport- und Energiekosten, die Verfügbarkeit qualifizierter Arbeitskräfte, die materielle Infrastruktur, die Telekommunikation, die Marktnähe, die Notwendigkeit, aus Konkurrenzgründen auf bestimmten Märkten präsent zu sein usw.“ (BINDER 1999, S. 29). Aus dieser Erkenntnis betont G.I. CHUDJAKOW (1987) die Notwendigkeit verstärkter Arbeit an Theorie und Praxis der Naturraumnutzung, speziell an geoökologischer Erforschung sowie Modellierung, Prognose und Verwaltung der Naturraumnutzung, welche in Russland „noch mangelhaft entwickelt ist“.

Trotz dieser Defizite ist in Russland das Verursacherprinzip gesetzlich verankert, welches besagt, dass der Produzent die Kosten für Rohstoff- und Naturschutz zu tragen hat. Deswegen könnten Erfahrungen und Erkenntnisse der deutschen Geoökologie und der deutschen Umweltschutzgesetzgebung, die in diesem Bereich bedeutsame Erfolge erzielten, für russische Fachleute sehr nützlich sein.

**Folgerichtig scheint die Suche nach Investitionsobjekten vordringlich, die sowohl unter Umwelt- wie wirtschaftlichen Aspekten günstig abschneiden.** Ein anzustrebender Ansatz bei der Abgrenzung und Bewertung von Seifen muss daher auf quantifizierbare Weise wirtschaftliche und ökologische Modelle verbinden, wobei der Status quo vor Nutzungsbeginn, die Abbauphase und die Nachbauphase zu beachten sind. Die Individualität jedes Raumes erfordert dabei eine tragfähige Theorie, um zu einer Typisierung und in Folge zu einer Bewertung zu gelangen, die Vergleiche von Lagerstätten erlaubt. Nämliches gilt für die technische Bewertung, die flexibel für variable technische Verfahren gehalten sein muss.

#### Bauwürdigkeit

**„Seifenlagerstätten wurden und werden vor allem wegen ihres vergleichsweise einfachen Aufschlusses und der geringen Kosten für die Ausbeute ihrer nutzbaren Mineralen beachtet** (...). Ihr desintegrierter Zustand verringert wesentlich die Kosten für die Wäsche des Gebirgsmaterials und bedarf keiner aufwendigen mechanischen Zerkleinerung. Die Lage und der Aufbau der Seifen ermöglichen produktive Fördermechanismen und Fördertechnik (Bagger, Exkavator, Bulldozer, große Waschherde usw.), was die Gesteinskosten wesentlich verringert und Seifen vorteilhaft von primären Erzlagerstätten unterscheidet. Seifen lassen sich bei viel geringeren Gehalten an Nutzkomponenten fördern als dies bei primären Erzlagerstätten der Fall ist“ (NESTERENKO 1977, S. 10). „Als Richtwert lässt sich eine Bauwürdigkeitsgrenze für unverfestigte Schwermineralseifen von derzeit ca. 5 DM Wertmineralinhalt pro m<sup>3</sup> nennen. Das entspricht z.B. für Gold und Platin einem Gehalt von weniger als 0,2 g/m<sup>3</sup>, (...) bei größeren Gruben und Schwimmbaggereinsatz sind noch 0,1 g/m<sup>3</sup> bauwürdig“ (Angewandte Geowissenschaften 1986, S. 78, 126). Schwermineralseifen, die aus Assoziationen von Ilmenit, Zirkon, Granat, Leikoxen, Rutil u.a. bestehen, sollten einen Komplexanteil von Schwermineralen im Bereich von 2% (etwa 30-33 kg/m<sup>3</sup>) aufweisen, um bauwürdig zu sein (BRINKMANN 1995).

#### Umweltveränderung

**Auch „die Förderung von Seifenlagerstätten ist von gravierenden Umweltschäden begleitet“** (KALNITSCHENKO u.a. 1994, S. 90). Die typischen Förderverfahren verändern das Mikrorelief, z.T. sogar das Mesorelief massiv. Zunächst wird der ursprüngliche Vegetationsbestand vernichtet, dann werden große Abgrabungen, Halden, Strassen, Dämme, Kläranlagen, künstliche Seen und andere anthropogene Formen geschaffen. Im Zuge der Rekultivierung erfolgt oft eine Verebnung der Halden und nachfolgend eine chemische Melioration der Böden (WOSKRESENSKIJ u.a. 1981, GORSCHKOW 1982; u.a.). In Tälern mit Seifenabbau nimmt bei Abbauende das technogene Relief meist zwischen 10% und 80% der Talsohle ein, wobei durchschnittlich etwa 85% des geförderten Gebirges primär Halden zugeführt wird. Speziell bei flussnahe Seifenabbau wird die Vorflut mit hohen Mengen an suspendiertem Feinsediment beladen; dies führt zu einer abschnittsweise starken Trübung des Gewässers. Ein weiteres Problem können Austritte von Treib- und Betriebsstoffen der Abbaugeräte in Vorflut oder Grundwasserkörper darstellen. Eine Quantifizierung der technogenen Belastung der Biozönosen, aber auch z.B. von Trinkwasseranlagen flussab vom Abbau, ist notwendig und wird z.B. in der BRD und den USA (GOUGH et al. 1997) auch durchgeführt.

**Das produktivste Verfahren der Seifenförderung ist der Tagebau.** „Die leistungsfähigsten Bagger können aus bis zu 50 m Tiefe fördern. Der Umsatz der großen Bagger beträgt etwa 8 Mio. m<sup>3</sup> Gebirgsmasse pro Jahr (...). Zu den Vorarbeiten vor Förderbeginn gehört das Abholzen, das Abräumen tauber Gebirgsmassen, die Haldenanlage, der Einschnitt der Tagebauränder usw. Den Förderprozess begleiten folgende Maßnahmen: Schutz der Gebirgsmassen vor winterlichem Einfrieren, Wasserzuführung und Wasserabzug (...). Die Verarbeitung der Gebirgsmassen schließt ein: Abbaggern des Seifengebirges, Desintegration, Sortierung, gravitatives Fällen im Wasserstrom, Deponie der Gesteine sortiert nach Korngrößenklassen. Im Abbauverlauf werden die Tagebaugruben, Halden, Becken und Deiche geschaffen“ (GORSCHKOW 1982, S. 191-193). Die ökonomische Effizienz dieses großtechni-

schen Verfahrens legt es nahe, eine theoretische Analyse von Abbau und Abbaufolgen hierauf zu fokussieren.

Der Umfang der (Zer-)Störungen einer Landschaft ist sehr unterschiedlich und hängt von Seifentyp und Nachnutzungsmaßnahmen ab. Die größten Veränderungen ruft der Abbau der von Gewässern weit entfernten Terrassen-, Tal- und Plateauseifen hervor, die kleinsten der Abbau der Flussbett-, Nehrungs- und Auenuseifen. Letztere werden üblicherweise durch Schwimmbagger gefördert. **In den flussnahen Abbaubereichen regenerieren sich die Fluss- und Auenlandschaften vergleichsweise schnell natürlich oder es bedarf eines relativ geringen Aufwands für Rekultivierungsmaßnahmen.** Auf jeden Fall kann eine sachgemäße Förderung dieser Seifen gefährliche Verunreinigungen von Böden, Luft und Gewässern durch toxische Stoffe vermeiden, wie sie oft bei der Förderung von Erz- oder Kohlenlagerstätten auftreten (POLIKARPOTSCHKIN 1976, WATSON 1983, KALNITSCHENKO u.a. 1994). Damit sind Seifen im Vergleich zu anderen Lagerstätten auch unter ökologischem Blickwinkel als vergleichsweise günstige Objekte der Naturressourcennutzung einzustufen.

### 2.1.7. Möglichkeiten der Einschätzung und Nutzung verschiedener Seifen

**In einer wirtschaftlich und ökologisch orientierten Wirtschaftsweise wäre es nachteilig, bei Lagerstätten erkundung und -bewertung bestimmte, im regionalen Kontext sinnvolle, erweiterte Nutzungen auszuklammern.** Das gilt insbesondere für Seifenlagerstätten, die weder technisch noch geoökologisch erschöpfend erkundet wurden. „Die praktische Erweiterung der Betrachtungsebene bei Erschließungen von Seifen wird bisher durch nicht ausgereifte methodische geoökologische Grundlagen im Hinblick auf die Wechselwirkung Seifenförderung und Umwelt behindert“ (KALNITSCHENKO u.a. 1994, S. 90).

**Es ist bekannt, dass sich Seifenlagerstätten oft für die Förderung vieler Begleitstoffe nutzen lassen.** Zum Beispiel können Geröll und Kies als Rohstoffe für Baumaterial, Beton, Abrasivmaterial und Filterstoffe verwendet werden sowie Sand und Schluff in der Glas-, Keramikindustrie und Bauindustrie (Beton, Putzmaterial, Straßenbau, Ziegel usw.), als Formmaterial in der Metallindustrie, Abrasivmaterial, säurefestes, feuerfestes Material und Filtermaterial usw. Einsatz finden (Sprawotschnik po litologii 1983, NESTERENKO 1977, BRINKMANN 1995; u.a.). Aus dem Schwerminerkonzentrat der geförderten Seife, das ohne Zusatzkosten anfällt, können sogar bei einem Gehalt von weniger als 0,2 - 1% noch sinnvoll Edelmetalle und verschiedene seltene Metalle extrahiert werden. In einigen Seifen der Forschungsregion beträgt der Gehalt des festgebundenen, mikroskopisch kleinen Goldes 10 bis 400 g/t des Schwerminerkonzentrates (der mittlere Gehalt beträgt etwa 100 - 180 g/t). Der Gehalt dieses Konzentrates in Seifengebirgen erreicht dabei insgesamt bis zu 80 - 100 kg/m<sup>3</sup> (5 - 7%) (SYROWATSKIJ & RSCHIGO 1963). Die mittlere Goldausbeute kann dabei die, welche beim gewöhnlichen Goldwaschen von Sedimenten anfällt, mehrfach übersteigen (OBRUTSCHEW 1915). Das betrifft auch andere seltene Elemente (Germanium, Niobium, Lithium u.a.).

Man sollte also jede Seife auf alle Nutzkomponenten hin betrachten. **Rationelle Naturraumnutzung sieht jede Seife als potenzielle Lagerstätte nicht-metallischer Rohstoffe** (Steine und Erden, Industrieminerale). Neben die primäre Rohstoffgewinnung treten bei einer flächen-, natur- und ressourcenschonenden Strategie weitere Aspekte, die ökonomisch und ökologisch zu bewerten und zu planen sind und nach Abbauende relevant werden: das Muster der und die konkrete Transformation zu einer reorganisierten Flächennutzung, z.B. für Abfallverarbeitung, Landwirtschaft, Fischerei, Erholung oder als Naturschutzvorrangfläche. Ein solcher Betrachtungshorizont wird häufig die wirtschaftlichen Konditionen und die Einschätzung der Seife positiv beeinflussen. Alle maßgeblichen Tätigkeiten sind in eine wirtschaftliche Prozesskette zu integrieren.

**Im Zusammenhang mit einer komplexen Nutzung der Seife und der Etablierung von Haupt- und Begleitbetrieben müssen wirtschaftliche Abbaumengen und Absatzbedingungen für die Begleitkomponenten analysiert werden.** Das Absatzvolumen für Kies- und Sandabbau sollte mindestens 50 000 - 100 000 t/Jahr, für Schotter und Splitt etwa 200 000 t/Jahr, für eine Ziegelei 10 - 50 Mio. Stück/Jahr, für Behälterglas 12 000 t/Jahr, für ein Betonwerk 150 000 m<sup>3</sup>/Jahr, für Ferrosilicium (75%ig) 6 000 t/Jahr, für Silicium-Metall 25 000 t/Jahr betragen (LORENZ 2001). Deshalb sollte eine

Seifenlagerstätte groß und an entsprechende Absatzmärkte angeschlossen sein. Objekte, deren Gesamtvorräte gering sind oder deren Nutzkomponenten das abbauwürdige Minimum kaum überschreiten, eignen sich nicht für eine komplexe Nutzung, sind längerfristig unrentabel und umweltschädlich.

Auf der 10. Internationalen Konferenz zur Geologie der Seifen wurde die Notwendigkeit der Erschließung neuer Seifentypen und der **Einführung neuer Fördertechnologien für Schwerminerale, insbesondere feinkörniges Gold und Goldglimmer**, postuliert. „Was feinkörniges Gold und Goldglimmer betrifft, dessen Gewinnung immer ein Problem war, so hat diese Konferenz eine technologische Lösung aufgezeigt (...). Es wurden Ergebnisse industriell entwickelter neuer Ausrüstung präsentiert, deren Qualität in vielen Fällen die Lösungen der in diesem Bereich führenden Firma „Knelson“ übertrifft. Das Unternehmen „Grant“ hat eine neue Technologie und Geräte geschaffen, die sicher 96% - 98% des feinkörnigen Goldes und sogar des Goldglimmers aus lockeren Sedimenten extrahieren können. Diese Technologie stützt sich auf eine gravitative Aufbereitung der Seifengebirge, die chemische Methoden verdrängen kann (POSTOLENKO 1998, S. 125-126). Besonders interessant können bei ihrem Einsatz alluviale Nehrungsseifen werden. „Die Vorkommen der in diesen Seifen konzentrierten Mineralkomponenten sind praktisch unerschöpflich, sowohl auf Grund ihres noch schwachen Abbaus (z.B. in Russland), als auch wegen der ständigen Erneuerung durch die rezenten fluviatilen Prozesse (...). Günstige geologisch-technische Bedingungen des Abbaus der Nehrungsseifen führen außerdem zu niedrigen Selbstkosten der Goldgewinnung (...). Der Wirtschaft steht zwar seit kurzem Aufbereitungstechnik für sehr feinkörniges Gold zur Verfügung, aber die Erkundung und Erschließung von Nehrungsseifen ist noch unzureichend“ (BLINOW 1994, S. 46-47).

**Diese Zitate weisen auf eine hohe Dringlichkeit und Aktualität des Themas**, welches die Hauptkomponenten theoretische Analyse von Bildungsprozessen und Seifenvorkommen, optimierter IT-Einsatz einschließlich Datenvisualisierung (insbesondere digitale Kartierung), sowie die konkrete Erkundung und wirtschaftliche Nutzung großflächiger und reicher Seifen mit feinkörnigem Gold umfasst. Den theoretischen Aspekten dieser Probleme ist angesichts des derzeitigen Forschungsstandes besondere Beachtung zu schenken.

#### 2.1.8. Motivation

Die im Kapitel "Stand der Forschung" zusammengestellten Angaben verdeutlichen die herausragende Bedeutung von Seifen als wichtige Rohstoffquellen gerade für mittelfristig knappe Stoffe wie Gold, ebenso die geologisch-wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile dieses Lagerstättentyps im Vergleich mit primären Erzlagerstätten. Der gewählte Untersuchungsraum ist unbestritten reich an Seifenvorkommen mit z.T. exzellenten Höffigkeiten und Mineralkonzentrationen. Umfangreiche Vorarbeiten über 10-20 Jahre der im Projekt vereinigten Arbeitsgruppe - geologisch, wie angewandt geomorphologisch im engeren Untersuchungsraum und darüber hinaus -, langjährige systematische Prospektionsaktivitäten der Sowjetunion, deren Ergebnisse unter den veränderten politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen nunmehr überwiegend für die Forschung nutzbar sind, technische Fortschritte in der Aufbereitung der Seifengebirge, die mikroskopisch kleine Partikel erschließbar machen, ein stärkerer Zwang zur Beachtung von Umweltauswirkungen des Bergbaus, aber vor allem Defizite in den theoretischen Erkenntnissen der regelhaften räumlichen Verteilung von Schwermineralkonzentrationen in Lockersedimenten und ihre Verifizierung mit Methoden der Informationstechnologie und Geoinformatik einschließlich optimierter Visualisierungstechniken stellen die wissenschaftlich aussichtsreichen und praxisnahen Rahmenbedingungen des Vorhabens und damit eine wesentliche Motivation dar. Die Teilung in zwei sequentielle Arbeitsprojekte (Nr. 1 zur Verteilung und Bewertung von Lagerstätten, Nr. 2 zu einer rationellen Nutzung von Haupt- und Begleitmineralen unter Beachtung einer umweltschonenden Abbausteuerung) erlaubt erstens ein effizientes Controlling der Forschungsarbeit im vorgeschlagenen Team, zweitens bereits in der Startphase die Berücksichtigung von Anforderungen der Folgephase, z.B. hinsichtlich der Erschließung von Geoinformation und Datenstrukturen bei der digitalen Verarbeitung. Ein vergleichsweise schneller wissenschaftlicher Fortschritt kann im gegebenen Fall durch bereits vorliegendes Primärdatenmaterial und relativ geringen Ergänzungsbedarf weit eher erwartet werden als in geologisch nur rudimentär erkundeten Räumen.

## 3. Ziele und Arbeitsprogramm

### 3.1. Ziele

„Man darf keinen genutzten Forschungsansatz als heilig und unantastbar betrachten, weil es kein Ding in der Welt gibt, bei dem man nicht zur Verbesserung beitragen dürfte“ (E. BONO)

Die Ziele des Forschungsvorhabens leiten sich aus der knapp vorgestellten Analyse des theoretischen und angewandten Forschungsstandes ab (vgl. Kap.2). Allgemein ergeben sich folgende Hauptansatzpunkte:

Die ökonomische Perspektive zahlreicher kleiner, derzeit erschlossener oder geförderter Seifenlagerstätten ist ungünstig. Ergiebige und große Objekte würden hingegen eine präzise Abbausteuerung, eine Nutzung von Nebenkomponenten und eine komplexe Umweltverträglichkeitsanalyse als Bestandteil eines Nutzungskonzeptes rechtfertigen. Für die Lokalisierung, Typisierung, Kartierung, Bewertung und Abbausteuerung derartiger Lagerstätten fehlt es an anerkannten und operationellen geowissenschaftlichen und wirtschaftsgeologischen Ansätzen. **Daher liegt das Hauptziel des geplanten Forschungsvorhabens in der Arbeit an Theorie und Methodik der Datenintegration, rechnergestützten Modellierung, optimierten Visualisierung und wirtschaftlichen Nutzung der Seifenlagerstätten unter Nutzung von GIS.**

#### Gliederung in zwei Teilprojekte

Das Gesamtziel erfordert offensichtlich mehr als 2-3 Arbeitsjahre. Deswegen wird eine **Gliederung in zwei Teilprojekte** vorgeschlagen. Für das **Startprojekt (hier beantragt)** sind vorgesehen:

- Systematisierung und Homogenisierung des bestehenden Datenmaterials, punktuelle Ergänzungen und nachfolgende Integration in eine Fachdatenbank (Schwerpunkt: Struktur und Inhalt)
- Vergleich wesentlicher Theorien zu Genese und Verbreitung von Seifen und ASM
- methodisch neue Analyse der umfangreichen verfügbaren geologisch-geographischen Daten zur Aufdeckung regelhafter Verbreitungsmuster von ASM, die auf den Hauptfaktoren Reliefgenese/Morphostruktur, mineralogische Eigenschaften und lokale Sedimentationsbedingungen aufbaut
- Überprüfung der eigenen Hypothesen anhand der Analyse
- methodisch fundierte Reduktion und Transformation der Daten, sowie gezielter Einsatz der Geoinformatik zur Analyse und Visualisierung; Erarbeitung der theoretisch begründeten Legenden zur Kartierung von Seifen und ASM, auszuführen als Musterkarten im Maßstab 1:500 000, 1:50 000 und 1:5 000.

Im geplanten **Fortsetzungsprojekt** sollen folgende Schwerpunkte gesetzt werden:

- flankierende Aufnahme geoökologischer Daten zur Dokumentation des status-quo und zur Einschätzung der Abbaufolgewirkungen auf das Ökosystem
- Ergänzung durch (im weiteren Sinne) ökonomische Daten zur betriebswirtschaftlichen Bewertung der Lagerstätten und als Teil einer Ökobilanz.

Das Startprojekt richtet sich auf Quellenanalyse, Datenintegration und –analyse mit dem Ziel, das räumliche Seifenlagerstättenmuster zu charakterisieren und dabei zu einer verbesserten Typisierung und Visualisierung zu gelangen. Wesentlich ist dabei die Einbindung geologisch-geomorphologischer Einheiten und paläogeographischer Erkenntnisse. Der Untersuchungsraum soll in unterschiedlicher räumlicher Dimension und Detailschärfe bearbeitet werden. Im traditionellen Sinne entspricht dies Maßstabsgruppen der Erfassung und Darstellung, die jeweils größeren Maßstäbe fokussieren jeweils auf die relevanten Teilbereiche des nächst kleineren bei gleichzeitiger Erhöhung der Informationsdich-

te ("nesting"). Datentechnisch können hierzu homologe Knoten z.B. entlang des Gewässernetzes gebildet werden, über die z.B. eine relationale Verknüpfung der Ebenen erfolgen kann.

Als Resultat ist eine Kartenserie neuen Typs geplant, aus der sich explizit auch die Kriterien und Parameter Verbreitung und Form ableiten lassen. Im Detailmaßstab können – als Fortsetzungsprojekt - auf den geologischen Datenbestand die aktual-ökologischen und wirtschaftsgeographischen Strukturdaten aufsetzen. Dabei sollen, vergleichbar mit den Arbeitspaketen des Startprojektes, nicht nur Zustände erfasst, sondern auch Modellrechnungen zur rationellen Nutzung erarbeitet und dargestellt werden. Die Verknüpfung der beiden Projektstufen bereits in der Projektplanung soll sicherstellen, dass bei Datenrecherche, Feldarbeiten und Datenmodellierung möglichst keine Doppelarbeiten anfallen.

#### Vorteile des Untersuchungsraums

Liegt das Hauptziel in der Erarbeitung theoretischer Gesetzmäßigkeiten der geologisch-geomorphologischen Erfassung, Bewertung und wirtschaftlichen Nutzung von Seifenlagerstätten und eines hierzu geeigneten Methodenkanons, so liefert der räumliche Rahmen "Westsibirische Gebirge und Gebirgsvorland" ideale Voraussetzungen:

- Unbestritten sind die Vielzahl an Vorkommen und die z.T. exzellente Höflichkeit und auch Mineralkonzentration der Lagerstätten; eine intensivierete ökonomische Nutzung ist aufgrund der mittelfristig zuerwartenden Engpässe (z.B. bei Gold) sehr wahrscheinlich.
- Intensive inhaltliche Vorarbeiten zu den Entstehungsbedingungen und der Einschätzung von Lagerstätten wurden sowohl geologisch, wie angewandt geomorphologisch geleistet und liegen allgemein und konkret für größere Ausschnitte des Untersuchungsraumes vor.
- Eine konsequente Verknüpfung der Steuerung von Lagerstättenerschließung und -nutzung mit der Berücksichtigung von Umweltimplikationen und dem Ziel der weitgehenden Einschränkung negativer Auswirkungen unter Einsatz von moderner IT war und ist in Russland, zumal in Sibirien, aus politischen und ökonomischen Gründen bislang unzureichend entwickelt.
- In einem Gebiet mit einem Hinterland, welches Industrie- und Bevölkerungsagglomerationen aufweist, ist einerseits die Konzentration auf die Umweltkomponente (Gefährdungspotenzial), aber auch die Effektivierung des Abbaus unter Betrachtung der Begleitminerale und der in den Sortierprozessen anfallenden Sedimente (z.B. Baustoffe) wichtig und notwendig.

#### Gliederung in Teilziele

Der erhebliche Umfang des Gesamtvorhabens dürfte trotz der Vorarbeiten aller **Projektpartner insgesamt 4-5 Jahre Laufzeit** betragen und erfordert eine Gliederung in zwei zeitlich gestaffelte Teilprojekte mit der Definition folgender Teilziele:

##### Startprojekt

- 1.1 Recherche, Systematisierung, Zusammenfassung und (Teil-)Integration verfügbarer Information über die Seifen der Region; Präzisierung von Theorie, Termini, Definitionen und Klassifikationen von Seifen und ASM.
- 1.2 Aufbau eines Modell-GIS als wesentliche Grundlage der Datenanalyse und der Datenvisualisierung (Kartierung) mit drei Maßstabsebenen, dabei möglichst einfache Schnittstellen zu bestehenden Datenbanken.
- 1.3 Analyse der geologisch-geomorphologischen Verbreitungsmuster von Seifen und ASM, Schaffung qualitativer und quantitativer Belege für Gesetzmäßigkeiten ihrer Verbreitung und Bildung, dabei Methodenentwicklung zur effizienten Reduktion des Datenbestands auf wesentliche Kenngrößen.
- 1.4 Entwicklung von semi- und vollautomatischen Methoden zur Karten- und Legendenerzeugung unter der Prämisse generischer Ansätze und der Notwendigkeit mehrerer Maßstabsgruppen (1:500 000, 1:50 000 und 1:5 000).
- 1.5 Auswahl weniger möglichst großer Lagerstätten als Modellobjekte für eine "komplexrationale" Nutzung und Ergänzung des Informationsbestandes durch ein Minimum an geologisch-geographischen Feldarbeiten einschließlich Beprobung und Analyse.

### 1.6 Fortsetzungsprojekt

- 2.1 Arbeit an theoretischen Grundlagen einer komplexen Evaluierung und Steuerung der Nutzung der Seifenlagerstätten auf Basis von GIS als Informations- und Analyseinstrument.
- 2.2 Datenverdichtung in der Datenbank für den Detailmaßstab 1:5 000 mit dem Ziel, ein Musterobjekt komplex zu kartieren und eine Kartenserie als umfassende Planungsgrundlage zu erstellen.
- 2.3 Arbeit an theoretischen Grundlagen der ökologisch-ökonomisch optimierten Nutzung (geoökologische Bewertung und Modellierung, Planung und Steuerung der Naturraumnutzung im Förderbereich), allgemein und in Relation zu Informationsbedarf und Informationsmanagement.

### 3.1.1. Realisierung der Teilziele des Startprojektes

#### Fokus der Datenrecherche

**Die Recherche zu Seifenbildung und –vorkommen der Region kann sich auf mehr als 300, meist russische Publikationen stützen.** Beachtung soll dabei neben der Datensammlung ihrer Strukturierung und den inhärenten theoretischen Ansätzen, wie sie sich z.B. in Karten und Legenden spiegeln, geschenkt werden. Karten sind von hoher Bedeutung, da nur sie räumliche Zusammenhänge und Muster innerhalb des "inneren" thematischen Inhalts (z.B. ASM und Eigenschaften) und in Verbindung mit externen Elementen (z.B. Relief, Gewässer) erkenn- und interpretierbar machen.

#### Datenbasis und Ergebniskarten

Definitionen, theoretische Modelle und Methoden der Seifenerforschung sind unmittelbar mit der Struktur der Datenbasis und den abgeleiteten graphischen Produkten verknüpft. Ihre Eignung muss analysiert, ihre Strukturen und Inhalte müssen präzisiert und homogenisiert werden. Konkret dienen kartographische Produkte als intermediäre Arbeitsmittel und als Enddokumente. Als solche werden zwei Ausgaben vorgeschlagen: „**Geologisch-geomorphologische Karte der Seifen und ASM**“ und „**Allgemeine geographische Karte der Seifen**“.

Zur Gestaltung: **Hauptprinzip ist ein Maximum an Information bei einem Minimum an Darstellungsmitteln** (BUTWILOWSKI 2001). Die Informationsdichte ist so zu steuern, dass ein schneller Kommunikationsfluss stattfinden kann: Karten der Seifen dienen einmal primär der Exploration, zum anderen bilden sie Grundlage der späteren Lagerstättennutzung. Folgerichtig gilt es im ersten Fall vor allem die genetisch-theoretischen geologisch-geomorphologischen Komponenten zu betonen, im zweiten die allgemein geographischen. Sollen diese Endprodukte inhaltlich vollständig und lagegenau, damit praxisrelevant sein, so ist eine solide theoretische Basis unabdingbar, denn eine vollständige messtechnische Erfassung des Objektes ist – wie meist in den Geowissenschaften - unmöglich.

Das praktische Ziel der Datenanalyse, –interpretation und in Folge der Kartenerstellung beinhaltet einerseits eine primär messtechnische Komponente:

- quantitative mineralogische (bzw. geochemische) Eigenschaften der Sedimentkörper.

Deren theoretischer Wert ergibt sich erst aus der Ergänzung um folgende Komponenten:

- räumlich-zeitliche geomorphologische Struktur der Lagerung
- wahrscheinliche Genese und Dynamik der Entstehung
- primäre mineralhaltige geologische Formationen und
- paläogeographische Bedingungen.

Erst in dieser Kombination entwickeln sich die Primärdaten zu einer neuen Qualität. Das Problem besteht darin, die Analyse so zu steuern, dass der zweite Informationsblock valide bearbeitet und dargestellt werden kann. Dazu sind neue Ansätze und Methoden erforderlich, wobei rechnergestützte Verfahren eine wesentliche Hilfe bieten.

#### Geoinformatikeinsatz

**Durch eine strukturierte digitale Geodatenhaltung und Kombination von Geoinformatik und Visualisierung bieten sich umfassende Möglichkeiten:**



- Direkte numerische Analyse prozessrelevanter Parameter der Lagerstättenbildung
- Numerische Verfahren der Prognose bestimmter Mineralkonzentrationen
- Quantifizierung und Visualisierung von Unschärfe
- Flexible "On-Demand"-Visualisierung für Interpretationen des Datenbestandes, z.B. zur Hypothesen-entwicklung und –kontrolle
- Standardisierung der kartographischen Ausgabe durch automatisierte Signaturierung
- Generierung (zusätzlicher) kartenverwandter Darstellungen (Blockbilder, Schnitte etc.).

#### Multi-skaliger Ansatz

**Die Bearbeitung ist aus Gründen des Erkenntnisstandes, des Erfassungsaufwandes (auch wenn dieser "nur" in einer strukturierten Analog-Digital-Wandlung besteht) und der Verarbeitungskapazität (Datenanalyse, Darstellung) nur in einem multi-skaligen Ansatz sinnvoll.** Im Zusammenhang mit der Theorie der Seifenbildung kann dies z.B. in einer relativ groben Übersicht über die geologisch-stratigraphische, petrographische, tektonische und geomorphologische Situation relevanter Gesamteinzugsgebiete bestehen, in einer verdichteten Information für die fluviatilen Transportstrecken relevanter Mineralassoziationen flussab von Primärlagerstätten und in einer Detailinformation für die vermuteten oder bekannten eigentlichen Seifen, verstanden als geologische Körper. Dabei kann exemplarisch die Maßstabsreihe 1:500 000, 1:50 000, 1:5 000 angedacht werden. Datenbanktechnisch sind diese Ebenen unbedingt zu verknüpfen, so dass z.B. ein Fließgewässerabschnitt mit verschiedenen Generalisierungsniveaus je nach Aufgabe in verschiedenen "Welten", jedoch unter expliziter Verknüpfung, analysiert und repräsentiert werden kann.

#### Datenmanagement

Zur Bereitstellung generischer und standardisierter Datenmodelle zu Lagerstätten werden z.B. beim US Geological Survey große Anstrengungen unternommen. Zwei Datenbanken wurden aufgebaut und zusammengeführt: Mineral Resource Data System and Mineral Availability System. In diesen (global ausgerichteten) Datenbanken steht allerdings das dokumentarische Element im Vordergrund – "Wo gibt es welche bekannten Lagerstätten" (USGS 2000) - , ein theoretischer Ansatz bedarf zusätzlicher strukturierter Kollateralinformation. Hinsichtlich der Kopplung geologisch-thematischer Information mit allgemein-topographischer Geoinformation aus primär unterschiedlichen Quellen sind dabei unbedingt Methoden zur Datenhomogenisierung und Sicherung der Datenkonsistenz (PRECHTEL 2001) zu verwenden.

**Allgemein wird es als Notwendigkeit angesehen, das Datenmaterial zu homogenisieren, zu integrieren und digital zu verwalten sowie in einer Weise zu analysieren und grafisch aufzubereiten, welche die Theoriebildung optimal unterstützt.** Die Resultate sind in einer möglichst universellen und reduzierten Art, aber logisch und theoriekonform auszugeben, damit sich die wichtigen Eigenschaften und die inhärenten genetischen Gesetzmäßigkeiten (wie räumlich-zeitliche Entwicklungsetappen, Lage auf Morphoniveaus etc.) spiegeln.

### 3.1.2. Arbeitsansätze zur Analyse und Kartierung der ASM von Lockersedimenten

#### Definitionen

In einem Lockersediment nehmen üblicherweise Körner und Konkretionen von Schwermineralen unter 1-10 Volumenprozent ein. Deren Korngröße liegt zwischen 0,05 mm und 5 mm, ihre Dichte über 2,9. Die Gesamtheit dieser Minerale bezeichnet man als „Assoziation von Schwermineralen“ (ASM). Viele Schwerminerale gelten als wertvolle Rohstoffe. **Knapp definiert ist eine Seife eine Anhäufung von nutzbaren Schwermineralen in feiner Fraktionierung im Lockersediment. Eine Seifenlagerstätte zeichnet eine Konzentration an Schwermineralen aus, die für die Förderung mittels eines gravitativen Sortierverfahrens rentabel sein kann.** Eine Seife zu erkennen bedeutet, Struktur und Zusammensetzung der ASM qualitativ und quantitativ zu ermitteln und räumlich einzugrenzen.

## Gesetzmäßigkeiten und Gruppierung von ASM

### **Mineralassoziationen bilden ein selbständiges, dynamisches Teilsystem in der Natur mit in ihrem Wesen divergente ASM-Gruppen:**

- räumlich-zeitlich geordnete ASM, welche aber stofflich keine gemeinsamen primären Bildungsprozesse aufweisen, und
- paragenetisch-stofflich geordnete ASM, welche aber räumlich-zeitlich keine gesetzmäßige Ordnung zeigen.

Empirisch ist lange bewiesen (PENCK 1924, STRACHOW 1950, RUCHIN 1961, u.a.), dass Lockermaterial beim Transport auf der Erdoberfläche verschiedenen Umweltagenzien unterworfen ist und sich dabei entsprechend seiner chemischen und physikalischen Eigenschaften wandelt. Es ändern sich Zusammensetzung, Konzentration und räumliche Lage der Mineralkomponenten. **Dabei bildet sich im Raum eine gesetzmäßige Abfolge verschiedener Zustände heraus, die sich zueinander chronologisch ordnen lassen.** Akzeptiert man dieses Modell, so erfordert die gezielte Suche und Aufnahme bestimmter ASM das methodische Prinzip einer Analyse resp. Darstellung der räumlich-zeitlichen Entwicklung der dynamischen Kräfte und Systeme. Diese werden jedoch nicht alleine durch eine formelle Aufzeichnung der Quantität ausgewählter Minerale deutlich, wie sie die meisten modernen mineralogischen Karten zeigen.

Folgendes neue Analyseprinzip wird daher vorgeschlagen (BUTWILOWSKI 1995, 1998, 2001):

In einem Teilsystem wird zunächst ein **universelles quantitatives Merkmal** als Referenz bestimmt.

Als solches eignet sich der Schwermineralgehalt (Masse) pro Volumeneinheit Lockersediment ( $\text{kg/m}^3$ ), die sogenannte „Schlichtausbeute“ einer Probe. In der Geomorphologie ist beispielsweise eine universelle Kennziffer mit der absoluten Höhe eines Punktes auf der Erdoberfläche gegeben.

Es werden **Bereiche genetisch divergenter ASM-Gruppen** gebildet. Eine Gruppe stellen die in ihrer stofflichen Zusammensetzung paragenetisch determinierten ASM-Einheiten dar, wobei die Paragenesen die primären Quellen der ASM betreffen. Die andere Gruppe bilden die durch Transport- und Ablagerungsmilieu und den Faktor Zeit geprägten ASM-Einheiten, die durch Mineralmischungen aus verschiedenen primären Quellen unterschiedlicher Genese hervorgegangen sind.

Diese Gruppen sind analytisch und in Folge in der Darstellung zu trennen. Von diesen Gruppen ausgehend, ergeben sich Trennlinien hinsichtlich der genetischen und chronologischen Eigenschaften. Hierzu ist das physikalische Merkmalsbündel sowohl normiert über das Referenzmerkmal Schwermineralgehalt pro Volumeneinheit wie absolut (z.B. Schlichtausbeute, in speziellen Fällen Goldgehalt u.a.) zu bestimmen und darzustellen. Für die Darstellung kann man methodische Ansätze nutzen, welche für die geomorphologische Kartierung entwickelt wurden (BUTWILOWSKI 2001).

Da die ASM in der oberflächennahen (beweglichen) Schicht des Lockermaterials bestimmt werden, sollten sich Lage und Gruppenzugehörigkeit sich aus der **Genese der Lockersedimente** ableiten lassen. Lockermaterial bildet sich unter zwei Bedingungen: **Stoffabtrag (Denudation) und Stoffanhäufung (Akkumulation)** (PENCK 1924, BUTWILOWSKI 1998, 2001; u.a.). Im ersten Fall zeichnen die ASM ziemlich exakt die mineralogische Zusammensetzung der primären Gesteine nach, im zweiten jedoch hängen Struktur und stoffliche Zusammensetzung von den geomorphologischen und paläogeographischen Rahmenbedingungen und dem Zeitfaktor ab. **Dies äußert sich dadurch, dass ASM-Lage und Konzentration oder Dispersion die geomorphologische Stufung unterschiedlich geneigter disjunkter Morphoniveaus nachzeichnen.** Höhere Konzentrationen der ASM treten dabei verständlicherweise eher auf flacheren Morphoniveaus auf. Somit kann man die ASM-Einheiten über das geomorphologische Alter datieren und ordnen. Der skizzierte Ansatz und die Umsetzung in eine Kartierung bedürfen daher ausgewählter geologischer und geomorphologischer Daten.

### Analyse- / Kartierungsziel

Wir erhalten somit folgende präzisierete Zielvorgaben für Analyse und Kartierung:

- Geräumliche Lage der Seifen (erschlossen und nicht erschlossen)

- Primäre Erzlagerstätten
- Relieflage absolut
- Relieflage nach Morphoniveaus
- Gesamtgehalt an nutzbaren Schwermineralen
- Hauptkomponenten und Begleitkomponenten
- Genetische Hauptgruppe (s.o.)
- Genetische Feingliederung (sofern rekonstruierbar)
- (Geomorphologische) Datierung.

**Gesetzmäßigkeiten der Seifenlage zeichnen sich nun aus der Lage der primären Erzlagerstätten, der genetischen Typisierung der Lockersedimente sowie aus den Konturen der für die Seifenbildung wichtigen geomorphologischen Niveaus ab.** Letztere haben – wie aus empirischen Untersuchungen hervorgeht - dabei sehr großen Einfluss auf die Mineralkonzentration. Korrelationskoeffizienten von 0.85 – 0.95 wurden bereits ermittelt (BUTWILOWSKI et al. 1996, BUTWILOWSKI 2001).

### 3.1.3. Vorauswahl der Studienobjekte für theoretische Analyse und Feldarbeiten

Aue und Flussbett des Katununterlaufs

**Vorhandene, aber noch nicht hinreichend detaillierte geologische Daten (KATUN 1992, BUTWILOWSKI et al. 1996, KRIWTSCHIKOW 1999) zeugen von riesigen möglichen Ressourcen an verschiedenen Nichtmetallrohstoffen und nutzbaren Seifenmineralen** (vor allem feinkörniges Seifengold). Dimension und vermutete Konzentrationen weisen diesen Bereich als idealen Studienraum für theoretische Arbeiten zum gesamten ökologisch-ökonomischen Komplex der Seifenlagerstätte aus.

Die Bildung der vermuteten Seifenlagerstätten wird mit dem Transport von Schwermineralen und Gold aus dem Oberlauf des Katun in Folge katastrophaler Ausbrüche von Eisstauseen im Pleistozän in Verbindung gebracht (BUTWILOWSKI 1993). Theoretisch kann man vermuten, dass ihre Ausdehnung 70 km x 30 km misst und das Volumen der abbauwürdigen Sedimente 35 000 Mio. m<sup>3</sup> überschreitet. Vom Goldgehalt dieser Sedimente zeugen lokale Goldbaue aus den 20er- und 30er-Jahren sowie die Dokumente einer Goldprospektion im Jahre 1931 (5 Schürfe von 6 m bis 18 m Tiefe auf der jungen Auenterrasse, KRIWTSCHIKOW 1999). Dabei wurde festgestellt, dass bei der Goldwäsche in Trogherden ein bedeutender Anteil des überwiegend feinstkörnigen Goldes weggespült wurde. **Trotz dieser Schwierigkeiten wurde in allen beprobten Terrassen- und Auensedimenten Goldhaltigkeit nachgewiesen, wobei der mittlere (sicher unterschätzte) Gehalt in abbauwürdigen Sedimenten zwischen 0,226 g/m<sup>3</sup> und 0,450 g/m<sup>3</sup> lag.** Die Lagerstättenmächtigkeit überschreitet 4 - 6 m. Es wurde nur bis zum Grundwasser geschürft, dabei jedoch die Untergrenze des abbauwürdigen Kieses und Gerölls nicht berührt. Die Angaben deuten auf ein theoretisch großes wirtschaftliches Potenzial, sogar ohne Berücksichtigung aller anderen Metall- und Nichtmetallrohstoffsressourcen.

**Eine vorläufige Einschätzung der Situation erlaubt die Aussage, dass dieses Objekt auch in ökologisch-ökonomischer Hinsicht geeignet sein dürfte.** Der Katun transportiert einen relativ hohen Anteil an Gletscherschmelzwasser und enthält deswegen ständig viel Trübe, besonders im Sommer (Mittelwert 560 g/m<sup>3</sup>). Die aktuellen morphologischen Prozesse sind durch häufige Flussbettverlagerungen gekennzeichnet. Auswirkungen einer "Baggermorphogenese" beim Tagebau sind in diesem Bereich den Auswirkungen natürlicher Prozesse relativ ähnlich. Eine Sekundärnutzung der Tagebaue z.B. für Fischzucht erscheint problemlos. Die Rekultivierung der Auenlandschaft und ihre sekundäre Wiederbesiedlung durch Gehölze läuft schnell ab. Die Auenbiozönosen haben im Laufe von Jahrtausenden an Prozessen einer ständigen Flussmigration und an einen hohen Trübegehalt des Wassers perfekt angepasst (Katun 1992). Unter den natürlich auftretenden Lichtgehölzen befinden sich auch Nutzpflanzen wie Johannisbeere, Sanddorn u.a.

**Weiterhin liegt das Areal in unmittelbarer Nähe von großen Städten und wirtschaftlichen Zentren** - Bijsk [Бийск] 3 km, Gorno-Altajsk [Горно-Алтайск] 20 km, Barnaul [Барнаул] 60 km - sowie

Bezirkszentren mit relativ gut entwickelter Infrastruktur (Transport,- Energie,- und Kommunikationsnetze) (Abb. 1). Für sibirische Verhältnisse ist der Raum dicht besiedelt und verfügt über qualifizierte Arbeitskräfte und Spezialisten aus verschiedenen Branchen der Wirtschaft.

#### Weitere potenzielle Untersuchungsgebiete

Ebenfalls von großem wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Interesse sind die Aue des Flusses Tom [Томь] nahe Nowokusnezsk [Новокузнецк], die Aue der Kija [Кия] nahe Mariinsk [Мариинск], die Aue der Jaja [Яя] nahe Andshero-Sudshensk [Анджеро-Судженск], die Aue der Inja [Иня] nahe Belowo [Белово] sowie große Seifen in Gebirgslage im Umfeld von aktiven Bergwerken (Tashtagol [Таштагол], Zentralnyj [Центральный], Majskij [Майский]) (Abb. 1). Ebenfalls können einzelne Areale mit außergewöhnlichen geologisch-geomorphologischen Verhältnissen in Betracht gezogen werden, wie Kurtatschicha, Elinowo, Tatarka u.a. Die Konkretisierung der weiteren Untersuchungsgebietswahl ist allerdings erst nach Sichtung und Analyse vorhandener Daten, Begehungen und Luftbildanalyse sinnvoll.

## A n l a g e 3

### Verkürzte Liste wissenschaftlicher Literatur zum Forschungsthema

#### 1) in Deutsch und Englisch:

- ADAMS I. ZIMPFER, G.L. & MOLANE, C. (1978): Basin dynamics, channel processes and placers, and placer formation: a model study. - *Economic Geology*. 73. S. 416-426.
- Angewandte Geowissenschaften (1981): / Hrsg. von F. BENDER, Band 1.- Stuttgart. Enke, 628 S., 241 Abb., 97 Tab.
- Angewandte Geowissenschaften (1984): / Hrsg. von F. BENDER, Band 3.- Stuttgart. Enke -1984, 674 S., 470 Abb., 90 Tab.
- Angewandte Geowissenschaften (1986): / Hrsg. von F. BENDER , Band 4.- Stuttgart . Enke, 422 S., 156 Abb., 101 Tab.
- BARTH, H. (1997): Alte Landformen in der Lake Viktoria Region Nordtansanias und ihr Potential an Seifengold. *Zeitschrift für Angewandte Geologie*. T. 43/44. S. 205-217.
- BATCHELOR, D.F. (1994): Geological characteristics of the Pulai alluvial gold deposit, South Kelantan, Malaysia. *J. Southeast Asian Earth Sciences*, 10, 101-108.
- BECKER-PLATEN, I.D. & DALHEIMER, M. (1999): Produktion, Import und Verbrauch von mineralischen Rohstoffen in der Bundesrepublik Deutschland. *Zeitschrift für Angewandte Geologie*. Band 45, Heft 2, S. 54-67.
- BINDER, K.G. (1999): *Grundzüge der Umweltökonomie*. München: Vahlen. 300 S., 44 Abb.
- BOLZ, K., HARMS, U., PISULLA, P., & SCHMIDT, H. (1985): Gold, Platinmetalle und Diamanten in der sowjetischen Handelspolitik. 394 S., 37 Abb., 48 + 10 Tab.; Hamburg (Weltarchiv).
- BOYLE, R.W. (1979): The geochemistry of gold and its deposits. *Geological Survey of Canada, Bulletin* 280, 584 p.
- BRINKMAN, K. (1995): Schwermineral-Lagerstätten in der Chilwa-Ebene, Malawi. *Zeitschrift für Angewandte Geologie*, 41, N 1. S. 55-57.
- COX, D.P. & SINGER, D.A. (1986): *Mineral deposit models*. U.S. Geological Survey Bulletin 1683. U.S. Government Printing Office, Washington, 379 p.
- DAWIS, J.C. (1986): *Statistics and data analysis in geology* (in 2 band). John and Sons, Inc. All rights reserved. Published semultaneously in Canada. 740 p.
- DUNN, E.J. (1929): *Geology of gold* (South Africa, Australia, New Zeland), London.
- ENDRES, A. (1994): *Umweltökonomie: eine Einführung*. / Darmstadt: wissenschaftliche Buchgesellschaft. 194 S.

- EYLES, N. & KOCSIS, S.P. (1989): Sedimentological controls on gold in a late Pleistocene glacial placer deposit, Cariboo Mining District, British Columbia, Canada. *Sedimentary Geology*, 65, 45-68.
- FORCE, E.R. (1991): Placer deposits. In Force, E.R., Eidel, J.J., Maynard, J.B. (Eds): *Sedimentary and diagenetic mineral deposits: A basin analysis approach to exploration. Reviews in Economic Geology*, 5, Society of Economic Geology, El Paso, USA,
- FRIEDENSBURG, F. (1953): *Gold*. Stuttgart. 800 S.
- FRIEDENSBURG, F. (1959): *Die Bergwirtschaft der Erde: Bodenschätze, Bergbau und Mineralienversorgung der einzelnen Länder*. 6 Auflage, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 566 S., 45 Abb.
- FRIEDRICH, K. (1996): *Digitale Reliefgliederungsverfahren zur Ableitung bodenkundlich relevanter Flächeneinheiten - Frankfurter geowissenschaftliche Arbeiten. Serie D. Physische Geographie. Band 21*. Herausgegeben von Universität Frankfurt. Frankfurt am Main. 213 S., 20 Abb., 20 Karten, 8 Tab.
- Fortschritte geowissenschaftlicher Forschung. DFG, Mitteilung 23, Weinheim: VCH, 1997, 189 S.
- FÜCHTBAUER, H. (1988): *Sedimente und Sedimentgesteine*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, 1142 S.
- GIUSTI, L. (1986): The morphology, mineralogy, and behavior of „fine-grained“ gold from placer deposits of Alberta: Sampling and implications for mineral exploration. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 23, 1662 – 1672.
- Gold placer of parts of Seward Peninsula, Alaska (1908): /COLLIER, A.J., HESS, F.L., BROOKS, A.H. -*Bull. U.S Geological Survey*, N 328.
- GOUDIE, A. (1998): *Geomorphologie. Ein Methodenhandbuch für Studium und Praxis*. Übersetzung von A. Stasch, Berlin; Heidelberg, New York, Barcelona..., Springer, 645 S., 180 Abb., 39 Tab.
- GRIFFITH, S.V. (1960): *Alluvial prospecting and mining*. 245 S., Abb., Tab.; Oxford (Pergamon Press) Harringer.
- Handbuch und Kartieranleitung. *Geoökologische Karte 1:25 000*. - *Forschungen zur Deutschen Landeskunde* (1988): Band 228 / (Herausgeber H. LESER und H.-I. KLINK). Trier. 350 S., 23 Abb., 44 Tab.
- Handbuch Umweltkostenrechnung (1996): / Hrsg. vom Bundesumweltministerium und Umweltbundesamt. - München: Vahlen, 254 S.
- HUGHES, M.J. & PHILLIPS, G.N. (2004): Giant Placers of the Victorian Gold province. *SEG Newsletter*, 56, 11-18.
- JAMES, C.S. & MINTER, W.E.L. (1999): Experimental flume study of the deposition of heavy minerals in a simulated Witwatersrand sandstone unconformity. *Economic Geology*, 94, 671- 688.
- KETTNER R. (1959): *Allgemeine Geologie. Teil 2, Zusammensetzung der Erdkruste, Entstehung der Gesteine und Lagerstätten*. DVW. Berlin, 368 S.
- KNIGHT, J.B., MORTENSEN, J.K. & MORISON, S.R. (1999 a): The relationship between placer gold particle shape, rimming, and distance of fluvial transport as exemplified by gold nuggets from the Klondike district, Yukon Territory, Canada. *Economic Geology*, 94, 635 – 648.
- KNIGHT, J.B., MORTENSEN, J.K. & MORISON, S.R. (1999 b): Lode and placer gold composition in the Klondike district, Yukon Territory, Canada: Implications for the nature and genesis of Klondike placer and lode gold deposits. *Economic Geology*, 94, 649 – 664.
- LEVSON, V.M. & BLYTH, H. (2001): Formation and preservation of a Tertiary to Pleistocene fluvial gold placer in northwest British Columbia. *Quaternary International*, 82, 33 – 50.
- Lexikon der Geowissenschaften (2001): / Red.: Landscape GmbH- Heidelberg: Spektrum, Akad. Verl., Band 4. 490 S.
- LORENZ, W. (1996): Die Karte der oberflächennahen Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland 1:200 000 (KOR200). - *Zeitschrift für Angewandte Geologie*, 42, N1, S. 65-69.
- LORENZ, W. (2001): Betriebsgrößen von Verarbeitungsbetrieben nichtmetallischer Rohstoffe. - *Zeitschrift für Angewandte Geologie*. 47, N1. S. 41-46.
- MCDONALD, E.H. (1983): *Alluvial mining, the geology, technology, and economics of placers*. - 508 S., Abb., Tab.; London (Chapman & Hall)

- MCCREADY, A.J., PARNELL, J. & CASTRO, L. (2003): Crystalline placer gold from the Rio Neuquén, Argentina: Implications for the gold budget in placer formation. *Economic Geology*, 98, 623 – 634.
- MINTER, W.E.L (1999): Irrefutable detrital origin of Witwatersrand gold and evidence of eolian signatures. *Economic Geology*, 94, 665- 670.
- MINTER, W.E.L. & Craw, D. (1999): A special issue on placer deposits: preface. *Economic Geology*, 94, 603- 604.
- MURAWSKI H., MEYER W. (1998): *Geologisches Wörterbuch*, 10 Auflage, Ferdinand Enke Verlag: Stuttgart, 278 S., 82 Abb., 7 Tab.
- NESTERENKO G.V, VOROTNIKOV B.A., KULIKOV A.A., ZHMODIK S.M. (1993): Typomorphism and genesis of native gold of hypergenesis zone of Kazakhstan and the Enisee ridge gold deposits // *Current Research in Geology Applied to Ore Deposits / Proceedings of the second biennial symposium meeting Granada*. 9-11 September. P. 191-195.
- PARKER, B.H. (1974): Gold placers of Colorado- *Quarterly of the Colorado School of Mines*, 69, 3: 268 S., Abb. 1-19, Tab. 1-20; 69, 4: 224 S., Abb. 20-31, Tab. 21-22; Colorado.
- PATYK-KARA, N.G, (1999): Cenozoic placer deposits and fluvial channel systems on the arctic shelf of Siberia. *Economic Geology*, 94, 707- 720.
- RAEBURN, C. & MILNER, H.B. (1927): *Alluvial Prospecting. The Technical Investigation of Econ. alluvial Miner.*, London. 354 S.
- RUNGE, K. (1998): *Umweltverträglichkeitsuntersuchung: internationale Entwicklungstendenzen und Planungspraxis*. - Berlin, Heidelberg...: Springer. 340 S., 39 Abb.
- SAARNISTO, M., TAMMINEN, E. & VAASJOKI, M. (1991): Gold in bedrock and glacial deposits in the Ivalo-joki area, Finnish Lapland, *Journal of Geochemical Exploration*, 39, 303 – 322.
- SANTOSH, M., PHILIP, R., JACOB, M.K. & OMANA, P.K. (1992): Highly pure placer gold formation in the Nilambur Valley, Wynad gold field, southern India. *Mineralium Deposita*, 27, 336 – 339.
- SCHWARZ, H. (1994): Geologie und Mineralogie eines alluvialen Goldvorkommens, Odzi-Manica-Grünstein-Gürtel, Mosambik. *Zeitschrift für Angewandte Geologie*, 40, N2. S. 80-86.
- SEELEY, J.B. & SENDEN, T.J. (1994): Alluvial gold in Kalimantan, Indonesia: A colloidal origin? *Journal of Geochemical Exploration*, 50, 457 – 478.
- SEMMELE, A. (1986): *Angewandte konventionelle Geomorphologie. Beispiele aus Mitteleuropa und Afrika.* Frankfurter geowissenschaftliche Arbeiten. Serie D. Physische Geographie. Band 6. Herausgegeben von Universität Frankfurt. Frankfurt am Main. 114 S., 57 Abb., 20 Karten, 8 Tab.
- SEMMELE, A. & HOFLEIN, T. (1993): *Karteninterpretation aus geoökologischer Sicht - erläutert an Beispielen der topographischen Karten 1: 25 000*. - Frankfurter geowissenschaftliche Arbeiten. Serie D. Physische Geographie. Band 16. Herausgegeben von Universität Frankfurt. Frankfurt am Main. 85 S., 20 Abb., 20 Karten, 8 Tab.
- SLINGERLAND, R. & SMITH, N.D. (1986): Occurrence and formation of water-laid placers. *Ann. Rev. Earth. Planet. Sci.*, 14, 113 – 147.
- SOUTHAM, G. & BEVERIDGE, T. J. (1994): The in vitro formation of placer gold by bacteria. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 58, 4527 – 4530.
- SUKHOROSLOV, V.L. & YABLOKOVA, S.V. (2001): Some features of placer formation under tropical climate conditions. *Quaternary International*, 82, 75 – 85.
- STAMMBERGER, F. (1978, 1979): *Die Suche und Erkundung von Lagerstätten fester mineralischer Rohstoffe*. - 1. Grundlagen, Prinzipien und Methoden: 320 S., 86 Abb., 14 Tab.; 2. Die Erkundung: 376 S., 58 Abb., 27 Tab.- *Freiberger Forschungsh.*, C 337, C 351; Leipzig.
- SUTHERLAND, D.G. (1984): Geomorphology and mineral exploration: some examples from exploitation for diamondiferous placer deposits. *Z. Geomorphol Supp NF 51*: S. 95-108.
- THOMAS, M.F. & THORP, M.B. (1993): The Geomorphology of some Quaternary Placer Deposits. *Zeitschrift für Geomorphologie*. B. 87. S. 183-194.

- VEIZER, J., LAZNICKA, P. & JANSEN, S.L. (1989): Mineralization through geologic time: Recycling perspective. *American Journal of Science*, 289, 484 – 524.
- VOSSMERBÄUMER, H. (1991): *Geologische Karten*. 2 Auflage. E. Schweizerbartische Verlagsbuchhandlung. Stuttgart, mit 176 Abb., 14 Tab., 245 S.
- WATSON, I. (1983): *Geology and Man. An introduction to applied earth science*. Department of Geology, University of London. London. 184 S.
- WEIN, N. (1999): *Sibirien*. Gotha; Stuttgart: Klett-Perthes. 248 S., 86 Tab., 51 Abb.
- WELLMER, F.W. (1996): Entwicklung von Rohstoffvorkommen, Raumplanung und nachhaltige Entwicklung in Deutschland. - *Zeitschrift für Angewandte Geologie*, 42, N1, S. 62-65.
- YOUNGSTEN, J.H. & CRAW, D. (1999): Variation in placer style, gold morphology, and gold particle behavior down gravel bed-load rivers: An example from the Shotover/Arrow-Kawarau-Clutha river system, Otago, New Zealand. *Economic Geology*, 94, 615 – 634.
- YOUNGSON, J.H. & CRAW, D. (1995): Evolution of placer gold deposits during regional uplift, Central Otago, New Zealand. *Economic Geology*, 90, 731 – 745.
- ZESCHKE, G. (1964): *Prospektion und feldmäßige Beurteilung von Lagerstätten*.-307 S., 218 Abb., 31 Tab.; Wien (Springer).

## 2) in Russisch:

- ADAMENKO, O.M. /Адаменко, О.М. Предалтайская впадина и проблемы формирования предгорных опусканий. Новосибирск: Наука, 1976. 184 с.
- ALABIN, L.W. /Алабин, Л.В. Перспективы развития золотодобывающей промышленности Кузнецкого Алатау. - Геологическое строение и полезные ископаемые западной части Алтае-Саянской складчатой области. Кемерово-Новокузнецк. 1999. С. 171-173.
- ALJAMKIN, A.W. /Алямкин А.В. Золотоносные коры выветривания Юго-Западной части Горной Шории и прилегающих районов Горного Алтая. /Материалы научно-практической конференции, посвященной столетию горно-геологического образования в Сибири и десятилетию деятельности Научно-производственного объединения "Тэтис" - Проблемы золотоносности Южной Сибири. Новокузнецк, 23-25 марта 2001 г. С. 31-36.
- BENEWOLSKI, V.I. /Веневольский Б.И. Состояние, проблемы и перспективы использования и воспроизводства сырьевой базы россыпного золота России.- Россыпи и месторождения кор выветривания - объект инвестиций на современном этапе: Тез.докл. X Международ. совещания, 1994, Москва. С. 44-45.
- BERGER, M.G. /Бергер М.Г. Терригенная минералогия. М.: Недра. 1986, 227 с.
- BILIBIN, J.A. /Билибин, Ю.А. Основы геологии россыпей. 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Изд-во АН СССР, 1955. 463 с.
- BOSHINSKI, A.P. /Божинский А.П. Основные факторы, определяющие методику разведки россыпей. - Геология россыпей, М. Наука, 1965. С. 319-326.
- BOSHINSKI, A.P. /Божинский А. П., Гневушев М.А., Каллистов П.Л. Методы разведки и подсчета запасов россыпных месторождений полезных ископаемых. - "Труды ЦНИГРИ", 1965. вып. 65. 311 с.
- BONDARENKO, N.G. /Бондаренко Н.Г. Образование, строение и разведка россыпей. М., "Недра". 1975. 57 с.
- BULYNNIKOW, A.Ja. /Булытников А.Я. Золото Кузнецкого Алатау. Полезные ископаемые Западно-Сибирского края. Т.1. Металлы. Новосибирск. ОГИЗ, 1934. С. 192-213.
- BYCHOWSKI, L.S., GURWITSCH, S.I., PATYK-KARA, N.G. & FLJOROW, I.B. /Быховский Л.З., Гурвич С.И., Патык-Кара Н.Г., Флеров И.Б. Геологические критерии поисков россыпей. М. Недра, 1981. 253 с.
- SHERASKOW, N.P., ROTJEMKIN, K.W. & SPIZYN, A.N. /Херасков Н.П., Потемкин К.В., Спицын А.Н. Некоторые закономерности образования и размещения россыпных месторождений редких металлов. Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 4. Россыпи. М. ГНТИЛГД, 1960. С. 63-74.

- СНМЕЛЕВА, N.W. et al. /Хмелёва Н.В., Ивочкина Л.Г., Елисеева О.А., О связи строения аллювиальных россыпей с денудационным срезом и формой коренных источников - Геоморфология, 1981, № 1. С. 23-31.
- СНМЕЛЕВА, N.W. et al. /Хмелева Н.В., Елисеева О.А. О факторах, определяющих дифференциацию частиц полезного компонента в россыпях (по экспериментальным данным). - Россыпи и месторождения кор выветривания - объект инвестиций на современном этапе: Тез. докл. X Международ. совещания, 1994, Москва. С. 225-227.
- СНУДЖАКОВ, G.I. /Худяков Г.И. Конструирование оптимальных взаимосвязей общества и природы. - Известия АН СССР, сер. географическая, 1987, № 6. С. 63-64.
- DARGEWITSCH, W.A. et al. /Даргевич В.А., Нестеренко Г.В., Авакумов А.В., Лоскутов Ю.И., Сорокин Б.Л., Цибульчик В.М. Юг Западной Сибири - крупная россыпная провинция.- Россыпи и месторождения кор выветривания - объект инвестиций на современном этапе: Тез. докл. X Международ. совещания, 1994, Москва. С. 73-75.
- ДЖАКОНОВ, K.N. et al. /Дьяконов К.Н., Дончева А.В., Звонкова Т.В., Казаков Л.К. Методология и проблемы эколого-географической экспертизы. Вестник МГУ, серия 5. География, 1994, №1. С. 10-18. Geologija rossyrej... /Геология россыпей юга Западной Сибири. М.: "Наука", 1969. 189 с.
- JELISEEW, W.I. /Елисеев В.И. Некоторые вопросы методики составления шлиховой карты. - В кн.: Закономерности размещ. полез. ископ., т. 4. М., 1960. С. 251-252.
- JELISEEW, W.I. /Елисеев В.И. Россыпи: терминология, генетические типы, классификация. - Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. 1997. Т. 72. вып. 2. С. 52-29.
- ФИЛПРОВ, W.E. /Филиппов В.Е., Моделирование условий формирования аллювиальных россыпей золота. Якутск: Як. науч. центр СО АН СССР, 1991. 44 с.
- Geologitscheskoe stroenie... /Геологическое строение и полезные ископаемые Западной Сибири, т. II "Полезные ископаемые", Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1998. 254 с. (раздел V. "Золото", авторы - Нестеренко Г.В., Росляков Н.А.)
- GERASIMOW, A.P. /ГЕРАСИМОВ А.Р. О технологии извлечения мелкого и "тонкого" золота. /Материалы научно-практической конференции, посвященной столетию горно-геологического образования в Сибири и десятилетию деятельности Научно-производственного объединения "Тэтис" - Проблемы золотоносности Южной Сибири. Новокузнецк, 23-25 марта 2001г., С. 48-50.
- GOLIZYN, G.S. /Голицын Г.С. Главное - в интенсивных и ресурсосберегающих формах ведения хозяйства. - Известия АН СССР, сер. географическая, 1987, № 6. С. 66-68.
- GORBUNOW, E.S. /Горбунов Е.З. Закономерности распределения полезных ископаемых в аллювиальных россыпях. - В кн.: Транспортировка полезных ископаемых в россыпях. (Тезисы докладов). Якутск, 1975. С. 16-18.
- Gornyj shurnal... /Горный журнал, часть 2, книга 6. 1844. С. 339—345.
- Gornyj shurnal... /Горный журнал, 1847, № 8. С. 260—278.
- Gornyj shurnal... /Горный журнал, 1850, № 9. С. 329—339.
- Gornyj shurnal... /Горный журнал. 1857, № 11, часть 1У. С.331—345.
- GORSCHKOW, S.P. /Горшков С.П. Экодинамические процессы освоенных территорий. М.: Недра, 1982. 286 с.
- GRIGORJEW, N.P. & СНМЕЛЕВА, N.W. /Григорьев Н.П., Хмелева Н.В. Транспорт и дифференциация некоторых россыпных компонентов в пределах гидросети континента. - Механическая дифференциация твердого вещества на континенте и шельфе. М. Наука, 1978. С. 28-41.
- GURWITSCH, S.I. /Гурвич С.И., Закономерности размещения редкометальных и оловоносных россыпей. М.: Недра, 1978. 228 с.
- ILINSKIJ, G.A. et al. /Ильинский Г.А., Плотникова М.И., Разумихин Н.В. и др. Основы поисков россыпей. Л., 1961. 124 с.
- ИНДУКАЕВ, JU.W. /Индукаев Ю.В. Экологическая стратегия развития стран современного мира в эпоху экономической системы рыночных отношений. Геологическое строение и полезные ископаемые западной части Алтае-Саянской складчатой области. Кемерово-Новокузнецк. 1999. С. 280-283.



- Instrukzija... /Инструкция по применению классификации запасов к россыпным месторождениям полезных ископаемых. М. ГКЗ СССР, 1982. 49 с.
- Instrukzija... /Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (Роскомнедра), Санкт-Петербург, 1995. 124 с.
- ISBEKOW, E.D. /Избеков Э.Д. Образование и эволюция россыпей. - Новосибирск: Наука, 1985. 192 с.
- ISBEKOW, E.D. /Избеков Э.Д. Система коренной источник - россыпь. Автореферат на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Новосибирск, 1992. 37 с.
- KALINNIKOW, D.I. /Калинников Д.И. Золото Алтая. Полезные ископаемые Западно-Сибирского края. Т.1. Металлы. Новосибирск. ОГИЗ, 1934. С. 230-234.
- KALNITSCHENKO, S.S. et al. /Кальниченко С.С., Новиков В.Н., Тучнина Н.Н. Основы методологии геоэкологических исследований при разведке россыпей. - Россыпи и месторождения кор выветривания - объект инвестиций на современном этапе: Тез.докл. X Международ. совещания, 1994, Москва. С. 90-91.
- KARTASCHOW, I.P. /Карташов И.П. Автохтонные и аллохтонные аллювиальные россыпи. - "Литология и полезные ископаемые", 1971, №4. С. 79-87.
- KASAKEWITSCH, JU.P. /Казакевич Ю.П. Условия образования и сохранения сложных погребенных россыпей золота. М., "Недра", 1972. 215 с.
- KASAKEWITSCH, JU.P. & BOSCHINSKI, A.P. /Казакевич Ю.П., Божинский А.П. Закономерности формирования и размещения золотоносных россыпей в Алтае-Саянской складчатой области. - Закономерности размещения полезных ископаемых. Россыпи. 1960. С. 164-171.
- KASAKEWITSCH, JU.P. & SCHER, S.D. /Казакевич Ю.П., Шер С.Д. Принципы и методы составления среднемасштабных металлогенических прогнозных карт на золото для россыпных районов на примере Ленского золотоносного района.- Тр. ЦНИГРИ, 1963, вып. 56. С. 3-18.
- KASCHMENSKAJA, O.W. & SCHWOROSTOWA S.M. /Кашменная О.В., Хворостова З.М. Геоморфологический анализ при поисках россыпей (на примере Эльгинского золотоносного района в верховьях реки Индигирки). Новосибирск, 1965. 167 с.
- KASHDAN, A.V. & GUSKOW, O.I. /Каждан А.В., Гуськов О.И. Математические методы в геологии. Учебник для вузов.- М.: Недра, 1990. 251 с.
- Katun... /Катунь: экогеохимия ртути / под редакц. Н.А. Рослякова, А.Н. Дмитриева, РАН ОИГГиМ. - Новосибирск, 1992. 180 с.
- KOLTUNOW, S.W. /Колтунов С.В. Повышение эффективности поисков золоторудных месторождений по потокам рассеяния в условиях Юга Западной Сибири. /Материалы научно-практической конференции, посвященной столетию горно-геологического образования в Сибири и десятилетию деятельности Научно-производственного объединения "Тэтис" - Проблемы золотоносности Южной Сибири. Новокузнецк, 23-25 марта 2001 г. С. 61-66.
- Kompleksiowanie... /Комплексование работ по прогнозу и поискам золотороссыпных месторождений. Методические рекомендации. М. ЦНИГРИ, 1986, 76 с.
- KOSTERIN, A.W. /Костерин А.В. Шлихо-минералогический и шлихо-геохимический методы поисков рудных месторождений. Новосибирск. Наука, 1972. 124 с.
- KOTLJAKOW, W.M. /Котляков В.М. География и экологические проблемы - Известия АН СССР, сер. географическая, 1987, № 6. С. 45-51.
- KRIWENKO, A.P. et al. /Кривенко А.П., Толстых Н.Д., Нестеренко Г.В., Лазарева Е.В. Типы минеральных ассоциаций платиноидов в золотоносных россыпях Алтае-Саянской складчатой области // Геология и геофизика, 1994, т. 35, № 6. С. 70-78.
- KRIWENKO, A.P. et al. /Кривенко А.П., Толстых Н.Д., Подлипский М.Ю. О перспективах Кузнецкого Алатау на россыпные месторождения платины. - Геологическое строение и полезные ископаемые западной части Алтае-Саянской складчатой области. Кемерово-Новокузнецк. 1999. С. 240-242.

- KRIWTSCHIKOW, A.W. /Кривчиков А.В. Вопросы коренной и россыпной золотоносности Республики Алтай. - Геологическое строение и полезные ископаемые западной части Алтае-Саянской складчатой области. Кемерово-Новокузнецк. 1999. С. 190-198.
- Kurs obschej geologii /Курс общей геологии / авт. В.И. Серпухов, Т.В. Билибина и др. Л.: Недра. 1976. 535 с.
- LAPIN, S.S. /Лалин С.С. О понятии "россыпь" и возрасте золотых россыпей. Геология россыпей. М., Наука, 1965. С. 98-102.
- LAPIN, S.S. /Лалин С.С. Содержание и принципы составления детальныx геолого-геоморфологических карт россыпей. - Труды ЦНИГРИ, вып. 63, М., 1965. С. 115-128.
- LEBEDEW, S.A. /Лебедев С.А. Условия россыпеобразования и продуктивность долин разного возраста // Россыпи складчатых (орогенных) областей. Ч. 2. Бишкек, 1991. С. 51-54.
- LEBEDEW, S.A. & LEBEDEWA, E.W. /Лебедев С. А., Лебедева Е. В., Эволюция рельефа и формирование россыпей. - Геоморфология, 1998, №1. С. 30-41.
- LUSGIN, B.N. /Лузгин Б.Н. Экономическая геология Русского Алтая: Учебное пособие для студентов географических факультетов вузов. - Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 1998. 243 с.
- Metoditscheskie ukazanija... /Методические указания по геологической съемке м-ба 1:50 000. Геологическая съемка четвертичных отложений и геоморфологические исследования. Вып. 6 /Ю.М. Миханков/. Л.: Недра, 1973. 240 с.
- MINEEW, A.O. /Минеев А.О. Потери золота в мути. - Советская золотопромышленность. - 1937, №4. С. 17-23.
- МОНДСНИ, G.S. /Момджи Г.С. Теоретические основы и методика поисков россыпных месторождений титана и циркония. - В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых. М., Госгортехиздат, 1960 б, с. 44-57.
- MORALJEW, W.M. & TSCHESCHICHIN, K.G. /Моралев В.М., Чешихин К.Г. Опыт составления полиминеральных шлиховых карт. - "Бюл. науч.-техн. информ.", 1962, № 4. С. 13-15.
- NAUMOW, A.D. /Наумов А.Д. О содержании, принципах и методах составления общих экологических карт. - Известия ВГО, Т. 125, вып. 1.1993. С. 56-61.
- NESTERENKO, G.W. /Нестеренко Г.В. К вопросу о генезисе титано-циркониевых россыпей // Геология и геофизика. 1961, № 5. С. 31-38.
- NESTERENKO, G.W. & DOBREZOW, N.L. /Нестеренко Г.В., Добрецов Н.Л. К методике использования типоморфных признаков циркона для установления источников питания осадочных толщ // Геология и геофизика. 1966, №9. С. 21-33.
- NESTERENKO, G.W. et al. /Нестеренко Г.В., Бобошко Л.П., Зырянова Е.М., Сухаренко А.В. О магнетитсодержащих песках Бийско-Барнаульской впадины и использовании особенностей состава магнетита для установления областей сноса // Новые данные по геологии и географии Кузбасса и Алтая. Новокузнецк, 1969. С. 173-176.
- NESTERENKO, G.W. et al. /Нестеренко Г.В., Даргевич В.А., Евдокимов Е.И. Мезозойские и кайнозойские россыпи на юге Западной Сибири // Геология россыпей юга Западной Сибири.- М.: Наука, 1969. С. 5 -20.
- NESTERENKO, G.W. /Нестеренко Г.В. Решение некоторых вопросов палеогеографии мезокайнозоя на юго-востоке Западной Сибири на основе литолого-минералогических данных. // Проблемы геоморфологии и неотектоники платформенных областей Сибири. - Новосибирск: Наука, 1970. С. 63-69.
- NESTERENKO, G.W. /Нестеренко Г.В. Происхождение россыпных месторождений. Новосибирск: Наука, 1977. 310 с.
- NESTERENKO, G.W. et al. /Нестеренко Г.В., Кузнецова А.И., Лаврентьев Ю.Г., Поспелова Л.Н. Вариации макросостава - важный типоморфный признак самородного золота // Геология и геофизика. 1982, № 3. С. 57-65.

- NESTERENKO, G.W. et al. /Нестеренко Г.В., Осинцев С.Р., Портянников Д.И. и др. Формирование и источники питания россыпей Северо-Восточного Салаира // Условия образования, принципы прогноза и поисков золоторудных месторождений. Новосибирск: Наука, 1983. С. 168-194.
- NESTERENKO, G.W. et al. /Нестеренко Г.В., Воротников Б.А. Золото в аллювиальном процессе // Аллювий. - Пермь: изд. ПГУ, 1983. С. 116-126.
- NESTERENKO, G.W. et al. /Нестеренко Г.В., Воротников Б.А. О поведении золота в процессе осадкообразования // Условия образования, принципы прогноза и поисков золоторудных месторождений. Новосибирск: Наука, 1983. С. 195-206.
- NESTERENKO, G.W. /Нестеренко Г.В. Факторы формирования ассоциаций мелких зерен тяжелых минералов в аллювии // Рудная специализация осадочных формаций Сибири. Новосибирск: Изд. ИГиГ, 1984. С. 54-71.
- NESTERENKO, G.W. et al. /Нестеренко Г.В., Карманов Н.С., Кузнецова А.И. и др. Комплексное изучение состава самородного золота // Геохимические критерии прогнозной оценки оруденения.- Новосибирск: Наука, 1990. С. 57-64.
- NESTERENKO, G.W. /Нестеренко Г.В. Прогноз золотого оруденения по россыпям на примере районов юга Сибири.- М.: Наука, 1991. 191 с.
- NESTEROW, N.W. et al. /Нестеров Н. В., Нестерова И. Н., Турунхаев А. В., Опыт применения геоморфологических методов при поисках золоторудных месторождений в восточных районах СССР.- Геоморфология, 1983, № 3. С. 85-89.
- NECHOROSCHEW, W.P. /Нехорошев В.П. Тектоника и металлогения Алтая и Калбы.- М.: Госгеолиздат, 1951. 304 с.
- OBRUTSCHEW, W.A. /Обручев В.А. Геологический обзор золотоносных районов Сибири. 1915 г. Избранные труды, т. 3. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 13-56.
- OBRUTSCHEW, W.A. /Обручев В.А. Запасы золота в отвалах приисков и возможность их извлечения. Избранные труды Т.3. Изд-во АН СССР. Москва 1961. С. 529-537.
- OSADTSCHIJ, S.S. /Осадчий С.С. Условия россыпеобразования в Восточном Саяне. Новосибирск: Наука, 1984.- 71 с.
- Peremeschenija... /Перемещения полезных компонентов в долинах. Якутск: ЯФ СО АН СССР. 1977, 124 с.
- PIOTROWSKIJ, M.W. /Пиотровский М.В. Комплексное геолого-геоморфологическое картирование при поисково-разведочных работах на россыпи. - В кн.: Геоморфологическое картирование. М., 1963. С. 139-163.
- PLOTNIKOWA, M.I. & SALTUKOW, O.G. /Плотникова М.И., Салтыков О.Г. Принципы и методика составления среднемасштабных минерагенических и прогнозных карт алмазных россыпей Якутии. - Советская геология, 1968, № 1. С. 24-32.
- POLIKARPOTSCHKIN, W.W. /Поликарпочкин В.В. Вторичные ореолы и потоки рассеяния. Новосибирск: Наука, 1976. —408 с.
- POSTOLENKO, G.A. /Постоленко Г.А. Крупномасштабные геоморфологические карты золотоносного района. Вестник МГУ. сер. географическая. 1968, № 6. С. 61-69.
- POSTOLENKO, G.A. /Постоленко Г.А. Среднемасштабные карты геоморфологической оценки перспектив россыпной золотоносности // Проблемы геоморфологического картирования. Л., 1975. С. 78-80.
- POSTOLENKO, G.A. /Постоленко Г.А. Условия формирования продуктивных пластов аллювиальных россыпей и их возраст. - Россыпи и месторождения кор выветривания - объект инвестиций на современном этапе: Тез.докл. X Международ. совещания, 1994, Москва. С. 171-172.
- POSTOLENKO, G.A. /Постоленко Г.А. 10 Международное совещание по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. - Геоморфология, 1998, № 1. С. 124-127.
- POSTOLENKO, G.A. & LEBEDEV, S.A. /Постоленко Г.А., Лебедев С.А. Геоморфологические исследования для поисков россыпей. Методы, аспекты, результаты. - Геоморфология, 1994, № 2. С. 50-62.
- POSTOLENKO, G.A. & PATYK-KARA, N.G. /Постоленко Г. А., Патык - Кара Н. Г., Палеогеоморфологические реконструкции при поисках и изучении россыпей. - Геоморфология, 1998, №1. С. 21-30.

- ПОТАПОВ, А.А. /Потапов А.А. Ресурсы золота на Салаире. - Геологическое строение и полезные ископаемые западной части Алтае-Саянской складчатой области. Кемерово-Новокузнецк. 1999. С. 186-188.
- Problemy... /Проблемы геологии россыпей. Магадан. 1970. 412 с.
- RASUMICHIN, N.W. /Разумихин Н.В. Использование экспериментальных методов для решения некоторых вопросов формирования россыпей // Геология россыпей.- М.: Наука, 1965. С. 335-343.
- RASUMICHIN, N.W. /Разумихин Н.В. К проблеме взаимоотношений между ведущими факторами россыпеобразования. - Вести. ЛГУ, 1973, № 18. С. 123-132.
- REUTOWSKIJ, W.S. /Реутовский В.С. Полезные ископаемые Сибири. Часть 1. Рудные месторождения. Санкт-Петербург. 1905. 483 с.
- RINDSJUNSKAJA, N.M. & МАТВЕЕВА, Е.В. /Риндзюнская Н.М., Матвеева Е.В. Эпохи россыпеобразования, их продуктивность и перспективы. - Россыпи и месторождения кор выветривания - объект инвестиций на современном этапе: Тез.докл. X Международ. совещания, 1994, Москва. С. 174 - 175.
- ROSEN, M.F. /Розен М.Ф. Россыпные месторождения золота Западного Алтая // Сборник материалов по геологии золота и платины. Вып. I (II).-М.: Главспецмет, 1953. С. 77—89.
- ROSEN, M.F. /Розен М.Ф. Обзор литературы по геоморфологии и кайнозойской истории Алтая // Известия Алтайского отдела Географического общества СССР. Вып. 7.- Барнаул, 1966. С. 47—124.
- ROSHKOW, I.S. /Рожков И.С. Условия формирования и типы золотоносных россыпей. - "Труды ЦНИГРИ", 1967, вып. 78. С. 149-169.
- RUDSKIJ, V.W. /Рудский В.В. Алтай. Эколого-географические основы природопользования.- Барнаул: Изд-во АГУ, 1996. 240 с.
- RUSANOW, B.S. /Русанов Б.С. Аэрометоды геоморфологического картирования при поисках россыпей. М., 1951. 285 с.
- RYSHOW, B.W. /Рыжов Б.В. О чертах сходства в строении аллювиальных россыпей хрустала, касситерита и золота. - Тр. ЦНИГРИ, 1968, вып. 79. С. 320-324.
- SAPRYKIN, A.A. et al. /Сапрыкин А.А., Шевцов Т.П., Колосова Г.Л., Миклашевский И.П., Цопанов О.Х. Минерально-сырьевая база россыпного золота России.- Россыпи и месторождения кор выветривания - объект инвестиций на современном этапе: Тез.докл. X Международ. совещания, 1994, Москва. С. 187-188.
- SAFONOW, JU.G. /Сафонов Ю.Г. Соотношение россыпной и коренной золотоносности в основных золоторудных провинциях мира. - Россыпи и месторождения кор выветривания - объект инвестиций на современном этапе: Тез.докл. X Международ. совещания, 1994, Москва. с. 188-189.
- SIGOW, A.P. /Сигов А.П. Историческая преемственность россыпей. - В кн.: Геология россыпей. М.: Наука, 1965. С. 28-34.
- Slowar... /Словарь по геологии россыпей. М., 1985. 196 с.
- SMIRNOW, L.E. /Смирнов Л.Е. Геоэкологическое картографирование. - Известия ВГО, Т. 125, вып. 2. 1993. С. 19-26.
- SOKOLOW, B.N. /Соколов, Б.Н. Образование россыпей алмазов. Основные проблемы.- М.: Наука, 1982. 96 с.
- SPIRIDONOW, A.I. /Спиридонов, А.И. Геоморфологическое картографирование. М.: Недра, 1974.184 с.
- Sprawotschnik... /Справочник по разработке россыпей. М.: "Недра". 1973. 592 с.
- SYROWATSKIJ, W.W. /Сыроватский, В.В. Использование карт зон уклонов долинной сети в прогнозно-металлогенических исследованиях на золото // Геохимия, минералогия, петрология, литология, полезные ископаемые Сибири. Тр. ЗСОВМО, вып. 4.- Томск, 1977. С. 64-72.
- SYROWATSKIJ, W.W. /Сыроватский В.В. Геолого-количественная оценка достоверности и эффективности поисков по результатам опробования. - Геологическое строение и полезные

- ископаемые западной части Алтае-Саянской горной области. Сборник материалов к научнр-практической конференции. Новокузнецк. 1995. С. 331-334.
- SYROWATSKIJ, W.W. /Сыроватский В.В. Геолого-экономическая оценка россыпи и ее составных частей. - Геологическое строение и полезные ископаемые западной части Алтае-Саянской горной области. Сборник материалов к научно-практической конференции. Новокузнецк. 1995. С. 334-337.
- TAREEWA, O.K. & STRUGOWA L.I. /Тареева О.К., Стругова Л.И. Современные экономические и экологические аспекты разработки титаноносных россыпей в зарубежных странах.- Россыпи и месторождения кор выветривания - объект инвестиций на современном этапе: Тез.докл. X Международ. совещания, 1994, Москва. С. 207-209.
- TISCHENKO, E.I. /Тищенко Е.И. О непрерывном и дистрекретном развитии золоторассыпных узлов. Изв. АН СССР. сер. геологическая, 1982. №1. С. 87-94.
- TRUSCHKOW, Ju.N. /Трушков Ю.Н. Условия формирования и закономерности распределения россыпей в мезозоидах Якутии. М., "Наука", 1971. 265 с.
- TRUSCHKOW, Ju.N. & ISBEKOW, E.D. /Трушков Ю.Н., Избеков Э.Д. Эволюция россыпей //Минеральные месторождения. /Под ред. В.И. Смирнова. - Москва, 1976. С. 147-155.
- TSCHISTJAKOW, A.A. /Чистяков А.А. Горный аллювий. М.: Недра, 1978. 345 с.
- SACHAROWA, E.M. /Захарова Е.М. Минералогия россыпей. М.: Недра, 1994. 270 с.
- SAJZEW, G.A. /Зайцев Г.А. Природосберегающая технология открытого способа добычи полезных ископаемых. - Геоморфология, 1994, № 2. С. 80-83.
- Sakonomernosti... /Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 4. Россыпи. М.:, 1960. 254 с.
- SCHAMANSKIJ, L.I. /Шаманский Л.И. Геология россыпей. Иркутск, Издание Союззолото, 1930. 37 с.
- SCHANZER, E.W. /Шанцер Е.В. О генетических типах континентальных отложений и генетических типах россыпей. - В кн.: Геология россыпей . М., "Наука", 1965. С. 14-27.
- SCHAROW, G.N. et al. /Шаров Г.Н., Марчук Ю.В., Трибунский Е.Н. О золотоносных россыпях и месторождениях кор выветривания запада Алтае-Саянской складчатой области.- Россыпи и месторождения кор выветривания - объект инвестиций на современном этапе: Тез.докл. X Международ. совещания, 1994, Москва. С. 235-236.
- SCHELNIN, S.G. /Желнин С.Г. Условия образования аллювиальных россыпей золота на Севера-Востоке Азии. М.: Наука, 1979. 120 с.
- SCHILO, N.A. /Шило Н.А. Разработка геологии россыпей - важная задача науки. Колыма, 1964, №3. С. 22-26.
- SCHILO, N.A. /Шило Н.А. Россыпеобразующие рудные формации и связь с ними россыпей . - В кн.: Проблемы геологии россыпей. Магадан, 1970. с. 13-24.
- SCHILO, N.A. /Шило Н.А. Механизмы формирования парагенезисов в россыпях перигляциальных и аридных обстановок. - Россыпи и месторождения кор выветривания - объект инвестиций на современном этапе: Тез.докл. X Международ. совещания, 1994, Москва. С. 246-247.
- SCHILO, N.A. et al. /Шило Н. А., Дабкин И.Е., Желнин С.Г., Генкин П.О., Травин Ю.А. Принципы и методы прогнозирования россыпной золотоносности. - В кн.: Проблемы геологии россыпей. Магадан, 1970. С. 38-48.
- SCHILO, N.A. & RATYK-KARA, N.G. /Шило Н.А., Патык-Кара Н.Г. Геохимические аспекты изучения концентрации и рассеяния рудного вещества в россыпях, геохимическая эволюция россыпей.- Тихоокеанская геология. 1989. С. 78-89.
- SCHUWALOW, W.F. & NIKOLAewa, T.W. /Шувалов В.Ф., Николаева Т.В., Палеогеоморфологические исследования при поисках и изучении россыпных месторождений золота.- Геоморфология, 1998, №1. С. 41-46.
- SCHUMILOW, Ju.W. /Шумилов Ю.В. К вопросу о количественной оценке процессов россыпеобразования. - В кн.: Проблемы геологии россыпей. Магадан. 1970. С. 125-132.
- SWONKOWA, T.W. /Звонкова Т.В. Изучение рельефа в практических целях. М.: Гос.изд.геогр. лит-ры, 1959. 304 с.

- WINOGRADOWA, O.W. /Виноградова О.В., Влияние руслового процесса на строение аллювиальных россыпей. - Геоморфология, 1980, № 1. С. 25-33.
- WOSKRESENSKIJ, S.S. /Воскресенский С.С. Геоморфология россыпей. М.: Изд-во МГУ, 1985. 202 с.
- WOSKRESENSKIJ, S.S., SOKOLSKIJ, A.M. & BELAJA, N.I. /Воскресенский С.С., Сокольский А.М., Белая Н.И. Антропогенное преобразование долин на Дальнем Востоке СССР. В кн.: Климат, рельеф и деятельность человека. М.: Наука, 1981. С. 98-112.
- WOSKRESENSKIJ, S.S., LEBEDEW, S.A. & POSTOLENKO, G.A. /Воскресенский С.С., Лебедев С.А., Постоленко Г.А. Принципы геоморфологического анализа территории при прогнозе аллювиальных россыпей //Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 1985. № 6. С. 25-31.